

POLITECHNIKA OPOLSKA
Wydział Elektrotechniki i Automatyki

Mgr inż. Michał Tomaszewski

MODEL PRZEDSIĘBIORSTWA DYSTRYBUCYJNEGO
DZIAŁAJĄCEGO NA OTWARTYM RYNKU
ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Autoreferat
pracy doktorskiej

Promotor:
Prof. dr hab. inż. Gerhard Bartodziej

Opole 2005

TECHNICAL UNIVERSITY OF OPOLE
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
AND AUTOMATIC CONTROL

Ph.D. Thesis

on

The model of power distribution enterprise
within the open power market

by

Michał Tomaszewski, M.Sc.

Advisor:

Gerhard Bartodziej, Prof., D.Sc.

Opole 2005

Abstract

Changes of economic structures in Poland didn't omit the electric power sector. Power market transforms continually. A reform of the sector is one of the main tasks aiming at changing Polish into entire market economy. That reform can result in reduction the cost of both production and supplies of the electric power. It will profit for both producers and the power receivers. The subjects of electrical energy sector operate on a competitive market, thus the very important factor of transformations is the analysis of main rules of electric power trade and technical conditions supporting this process. The unique character of power causes many mechanisms functioning properly on the other markets not to have any applications to the power sector. General principles of power market have not been examined satisfactorily yet. Doing researches into this field seems therefore substantial.

The dissertation presents a technical and financial model of power enterprise designed to calculate financial results depending on various operating and economic conditions. While designing the model, following areas connected with an enterprise activity have been taken into consideration. These were: power demand, net losses occurring during the ultimate consumer's supply and process of power purchase structure formation within the scope of the open power market.

On the basis of the model of power enterprise there was built the original computer program KOEN which was used for simulation research. The researches were carried out on the grounds of actual data from the real power enterprise. The financial result gained by the power enterprise was examined with regard to selected operating and economic conditions connected with the open power market. The scope of research includes also analyses of selected financial result forecasting methods.

The presented model enriched by appropriate software may be also used to create a strategy of the power enterprise, both systematically and in longer periods of time. Results achieved with the help of the presented program may be used as input data for more extended simulation and decision models, for example, based on neural networks, fuzzy logic or theory of games.

Spis treści

1.	Wprowadzenie	4
1.1.	Cel pracy	5
1.2.	Zakres pracy	5
1.3.	Teza pracy	6
2.	Analiza literatury dotyczącej funkcjonowania podmiotów na otwartym rynku energii elektrycznej.....	6
2.1.	Kierunki badań dotyczących rynku energii elektrycznej	6
2.2.	Badania dotyczące rynku energii elektrycznej w Polsce	6
3.	Modelowanie systemu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego	7
3.1.	Przedsiębiorstwo dystrybucyjne w aspekcie transformacji rynku energii elektrycznej w Polsce.....	7
3.2.	Geneza modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego	8
3.3.	Założenia wstępne – zakres modelowania	9
3.4.	Model przedsiębiorstwa dystrybucyjnego	10
3.5.	Ekonomiczno-finansowy system przedsiębiorstwa dystrybucyjnego	11
3.6.	Modele podsystemów przedsiębiorstwa dystrybucyjnego	12
4.	Implementacja modelu – program obliczeniowy KOEN.....	13
5.	Symulacja funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w warunkach otwartego rynku energii elektrycznej.....	14
5.1.	Zakres badań wykonanych z wykorzystaniem modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego ...	15
5.2.	Analiza wrażliwości	15
5.3.	Zmiana zapotrzebowania na energię elektryczną	16
5.4.	Zmiana ilości energii elektrycznej kupowanej na rynku bilansującym	18
5.5.	Zmiana ilości strat sieciowych.....	18
5.6.	Równoczesna zmiana kilku parametrów modelu.....	19
5.7.	Badania statystyczne z wykorzystaniem modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego	20
5.8.	Prognozowanie wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego	22
6.	Podsumowanie i wnioski.....	23
7.	Literatura	25
7.1.	Wybrane publikacje.....	25
7.2.	Wybrane akty urzędowe	27

1. Wprowadzenie

Wprowadzenie gospodarki rynkowej w Polsce, a szczególnie powstanie rynku energii elektrycznej, opartego na *Prawie Energetycznym*¹ [85], wywołało potrzebę innego spojrzenia na funkcjonowanie przedsiębiorstw (spółek) dystrybucyjnych o różnej strukturze.

Obecnie elementem gry rynkowej staje się oferowana cena energii elektrycznej. Cena ta jest uzależniona od szeregu kosztów, które także zmieniają się zgodnie z zasadami gospodarki rynkowej. Przedsiębiorstwo musi utrzymać w nowych warunkach równowagę finansową pozwalającą zachować zdolność funkcjonowania. Spółka dystrybucyjna, podobnie jak większość organizacji gospodarczych, może być utożsamiana z systemem, którego celem jest zapewnienie klientom dostaw energii elektrycznej. Równocześnie przedsiębiorstwo musi wypracować możliwie duży zysk, ponieważ w przeciwnym wypadku straci zdolność do realizacji swojej misji, nie będzie się w stanie rozwijać, a następnie przestanie istnieć.

Przekształcenia na rynku energii elektrycznej zmusiły spółki dystrybucyjne do weryfikacji własnych technik zarządzania oraz metod ich wspierania. Z. Szalbierz w [54] stwierdza, że: *„Konkurencyjność sektora dystrybucji w Polsce, zwłaszcza w warunkach otwarcia międzynarodowego rynku energii elektrycznej, wymaga głębokich zmian struktury systemu zarządzania spółek dystrybucyjnych, prowadzących do zwiększenia efektywności ich działania, dostosowania do zmieniającej się struktury rynku energii, a zatem zmierzających do wzrostu ich wartości”*.

Wprowadzenie otwartego rynku energii elektrycznej spowodowało wystąpienie elementu ryzyka, które do tej pory nie było obserwowane w takiej formie w zmonopolizowanym sektorze elektroenergetycznym. Przedsiębiorstwa dystrybucyjne, zajmujące się dostawami detalicznymi², poza ryzykiem wynikającym z udziału w rynku hurtowym, napotykają na ryzyko związane ze sprzedażą energii indywidualnym odbiorcom. W tym segmencie rynku dostawca z jednej strony dokonuje zakupów energii, przy występujących znacznych fluktuacjach cen na rynku hurtowym, z drugiej jest zobowiązany pokryć trudne do przewidzenia zapotrzebowanie odbiorców, zgodnie z cenami taryfowymi ustalonymi z rocznym wyprzedzeniem. Dodatkowo, w momencie pełnego wdrożenia zasady TPA, przedsiębiorstwo będzie musiało konkurować z innymi podmiotami w rywalizacji o odbiorcę indywidualnego. W niedalekiej przyszłości do konkurencji na rynku energii wejdą podmioty zagraniczne z krajów Unii Europejskiej.

Wymienione czynniki powodują konieczność prowadzenia badań w zakresie przekształceń sektora elektroenergetycznego, a w szczególności badań rozwojowych dotyczących usprawnień technicznych i organizacyjnych. Zaawansowanym narzędziem wspierającym decyzje podejmowane w spółkach dystrybucyjnych może być program komputerowy, zbudowany na podstawie techniczno-ekonomicznego modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego, działającego na transformowanym rynku energii elektrycznej.

W pracy zaprezentowano model symulacyjny, którego przeznaczeniem jest analiza i prognozowanie wyników ekonomicznych przedsiębiorstw dystrybucyjnych w zależności od specyficznych warunków eksploatacyjnych (zmiana ilości strat energii, awaryjność, zmiana zapotrzebowania na energię elektryczną, itp.) oraz warunków ekonomicznych (inwestycje, zmiany cen energii elektrycznej, zmiany kursów walut itp.)

¹ W rozprawie przedstawiono stan prawny obowiązujący w dniu 01.03.2005 r.

² Dostawa energii elektrycznej do odbiorcy finalnego.

1.1. Cel pracy

Uwolnienie rynku energii elektrycznej spowodowało, że przedsiębiorstwa dystrybucyjne zostały zmuszone do bieżącego (*online*) monitorowania osiąganego wyniku finansowego oraz jego projekcji w przyszłość. Konieczne zatem staje się prowadzenie szczegółowych analiz wpływu różnych czynników (zarówno technicznych, jak i ekonomicznych) na kształtowanie wyniku finansowego przedsiębiorstwa funkcjonującego na transformowanym rynku energii elektrycznej.

Obiektem badań jest przedsiębiorstwo dystrybucyjne (podmiot gospodarczy) funkcjonujące jako fragment (część) polskiego systemu elektroenergetycznego. Przedsiębiorstwo to jest równocześnie elementem nadal transformowanego, otwartego rynku energii elektrycznej.

Jako **cel obserwacji** przyjęto analizę kształtowania się wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w aspekcie szeregu czynników, od których ten wynik jest uzależniony. Czynniki te są elementami otoczenia bliższego i dalszego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego. W celu sformalizowania relacji pomiędzy wybranymi czynnikami wpływającymi na funkcjonowanie przedsiębiorstwa dystrybucyjnego zdecydowano się na zastosowanie, przedstawionego w dalszej części pracy, modelu matematycznego, który został użyty jako język obserwacji.

Głównym celem badań jest stworzenie modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego, który pozwoli dynamicznie obserwować i analizować wyniki finansowe przedsiębiorstwa w wybranych warunkach eksploatacji.

Celem poznawczym badań jest przedstawienie i analiza wpływu wybranych czynników eksploatacyjnych i ekonomicznych na zysk przedsiębiorstwa dystrybucyjnego.

Jako instrumentarium obserwacji zbudowano autorski program komputerowy KOEN.

1.2. Zakres pracy

Poszczególne części rozprawy doktorskiej podzielono na rozdziały, w których przedstawiono:

- analizę literatury z zakresu problematyki rynków energii elektrycznej dla publikacji światowych oraz krajowych,
- analizę działania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w warunkach przekształcanego sektora energetycznego,
- modelowanie systemu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego, w szczególności obejmujące następujące segmenty funkcjonowania przedsiębiorstwa:
 - kształtowanie struktury zakupu energii elektrycznej w ramach otwartego rynku energii,
 - proces występowania strat sieciowych podczas dostawy energii elektrycznej do odbiorcy finalnego,
 - problematykę prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną,
- implementację programową modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w formie autorskiego programu obliczeniowego KOEN (budowę oraz zakres funkcjonalny),
- badania symulacyjne oraz analizę kształtowania wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w aspekcie wybranych uwarunkowań eksploatacyjno-ekonomicznych związanych z wolnym rynkiem energii elektrycznej,
- analizę wybranych metod prognozowania wyniku finansowego przedsiębiorstwa.

1.3. Teza pracy

Praca zmierza do wykazania zasadności następującej tezy:

Model przedsiębiorstwa dystrybucyjnego, uwzględniający jego funkcję w systemie elektroenergetycznym, może być bezpośrednio wykorzystany w procesie wspomagania zarządzania przedsiębiorstwem dystrybucyjnym na otwartym rynku energii.

Powyższą tezę można przedstawić w postaci tez pośrednich:

- Symulacje wykonane przy zastosowaniu modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego mogą dostarczać informacji ograniczających ryzyko ekonomiczne występujące na liberalizowanym rynku energii elektrycznej.
- Model pozwala na oszacowanie wpływu czynników eksploatacyjno-ekonomicznych, takich jak: straty energii elektrycznej, zmienność zapotrzebowania na energię elektryczną, fluktuacje cen na rynku energii, na wyniki finansowe przedsiębiorstwa dystrybucyjnego.
- Implementacja programowa modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego może w krótkim przedziale czasu, zapewnić uzyskanie zbioru niezbędnych, przetworzonych informacji, wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwem.

2. Analiza literatury dotyczącej funkcjonowania podmiotów na otwartym rynku energii elektrycznej

2.1. Kierunki badań dotyczących rynku energii elektrycznej

Rynek energii elektrycznej ma długą historię. Po dziesiątkach lat działania monopolu państwowych doszło w Europie do otwarcia rynku. W wielu krajach prowadzone są badania dotyczące struktur sektora elektroenergetycznego funkcjonujących na uwolnionym rynku energii elektrycznej. Generalnie literaturę dotyczącą liberalizacji rynku energii elektrycznej można podzielić na:

- publikacje dotyczące form rynku energii elektrycznej i kierunków jego przemian: [7, 8, 20, 26, 28, 32, 46, 57],
- publikacje przedstawiające rynki energii elektrycznej w poszczególnych krajach wraz z analizą ich transformacji: [9, 15, 38, 47, 48, 66, 68],
- publikacje przedstawiające podmioty otwartego rynku energii elektrycznej wraz z funkcjonującymi w ich ramach mechanizmami rynkowymi oraz wzajemnymi relacjami: [3, 19, 27],
- publikacje z zakresu ryzyka na rynku energii elektrycznej, szczególnie dotyczące metod zarządzania ryzykiem: [4, 6, 14, 23, 24],
- publikacje dotyczące kształtowania się cen na transformowanych rynkach energii elektrycznej [2, 11, 25],
- akty prawne, akty wykonawcze i inne regulacje: [76, 77, 78, 80, 81, 82, 85].

2.2. Badania dotyczące rynku energii elektrycznej w Polsce

Dyskusje o liberalizacji rynku energii elektrycznej w Polsce rozpoczęły się w latach 90-tych XX wieku. Znajdują one odzwierciedlenie w wielu publikacjach naukowych. M. Zerka w pracach [69, 70, 71, 72, 73, 74] opisuje mechanizmy rynkowe w elektroenergetyce, w szczególności odnosząc się do warunków krajowych i kilkuletniej historii transformacji polskiego rynku energii elektrycznej. J. Malko oraz A. Weron przedstawiają mechanizmy występujące na otwartym rynku energii [35, 36, 37, 38]. A. Weron wraz z R. Weronem w pracy [67] skupiają się na ograniczaniu ryzyka na giełdzie

energii elektrycznej, analizując m. in. uwarunkowania na zagranicznych giełdach energii elektrycznej, które funkcjonują już dłużej niż w Polsce. W. Mielczarski w [40] przedstawia różne formy rynków energii elektrycznej na poszczególnych etapach ich transformacji oraz wyjaśnia liczne aspekty działania tychże rynków. Część publikacji nawiązuje do tych rozważań, można tu wyróżnić prace J. Tchórzewskiego [55, 56], proponującego identyfikację oraz symulację rynku energii elektrycznej w środowisku Matlab'a i Simulink'a na podstawie tzw. systemowego algorytmu ewolucyjnego (SAE). Wprowadzenie i początki funkcjonowania dobowo-godzinowego rynku bilansującego zaowocowało licznymi publikacjami dotyczącymi form rynku bilansującego, problemów występujących na nim oraz propozycji jego zmian: [22, 31, 39, 72]. J. Zieliński w pracy [75] przedstawia możliwości szerokiego wykorzystania technik inteligentnych w zarządzaniu, w szczególności odnosząc się do sektora elektroenergetycznego, przedstawiając pragmatyczne przykłady zastosowań. Inna część prac porusza problematykę optymalizacji na rynku energii elektrycznej dotyczącej zarówno dostawców, jak i odbiorców energii [58]. Problematykę całego sektora energetycznego, rozważania nad kierunkami i skutkami jego przemian, rozwija w swoich publikacjach [49, 50] J. Popczyk. Część jego prac [51, 52] dotyczy problematyki funkcjonowania, prywatyzacji i rozwoju przedsiębiorstw dystrybucyjnych (także przedsiębiorstw multienergetycznych). Do innych, stosunkowo nielicznych prac dotyczących przedsiębiorstw dystrybucyjnych, a w szczególności analizy wpływu mechanizmów otwartego rynku energii elektrycznej na ich funkcjonowanie oraz ograniczanie ponoszonego ryzyka rynkowego można zaliczyć publikację Z. Szalbierza [54]. Praca ma charakter teoretyczny, jednak niektóre jej fragmenty, dotyczące przede wszystkim problemów formułowania strategii i programów restrukturyzacji spółek dystrybucyjnych oraz problemów regulacji sektora energetyki, mają znaczenie praktyczne.

Rozwój polskiego rynku energii elektrycznej jest daleki od zakończenia. Procesowi transformacji towarzyszą zatem nadal nowe publikacje opisujące aktualny stan tego rynku oraz związane z nim zjawiska.

3. Modelowanie systemu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego

3.1. Przedsiębiorstwo dystrybucyjne w aspekcie transformacji rynku energii elektrycznej w Polsce

Przedsiębiorstwa dystrybucyjne, w wyniku procesów zachodzących na rynku energii elektrycznej, znalazły się w nowej, specyficznej sytuacji. Liberalizacja rynku energii pociąga za sobą ograniczenie regulacyjnej roli państwa, stawiając spółki dystrybucyjne wobec konieczności podjęcia walki rynkowej. Wobec większej konkurencji oraz zmiany własnej monopolistycznej pozycji firmy sektora elektroenergetycznego muszą zmienić filozofię działalności oraz przygotować odpowiednią strategię funkcjonowania w nowym otoczeniu.

Przekształcenia sektora elektroenergetycznego w Polsce powodują potrzebę stworzenia dodatkowych narzędzi wspierających podejmowanie decyzji oraz inne działania przedsiębiorstw na liberalizowanym rynku energii elektrycznej. Spółki zajmujące się detalicznymi dostawami energii elektrycznej, są ogólnie narażone na szereg rodzajów ryzyka wskutek:

- udziału w rynku hurtowym – związanym z koniecznością zakupu energii elektrycznej w celu dalszej odsprzedaży,
- udziału w rynku detalicznym – związanym ze sprzedażą energii elektrycznej indywidualnym odbiorcom.

W tym segmencie rynku dostawca z jednej strony dokonuje zakupów energii przy występujących znacznych fluktuacjach cen, z drugiej jest zobowiązany pokryć trudne do przewidzenia i regulowania zapotrzebowanie odbiorców bez względu na sytuację na rynku hurtowym. Dodatkowo, w myśl zasady TPA, musi wygrywać konkurencję o odbiorcę finalnego. Powstała zatem potrzeba symulacji procesu kształtowania wyniku finansowego w przedsiębiorstwie w aspekcie wybranych uwarunkowań eksploatacyjno-ekonomicznych.

Przedsiębiorstwa dystrybucyjne, kreując własną strategię konkurencyjną, muszą szybko podejmować decyzje. Występuje konieczność przyspieszenia przetwarzania informacji wobec:

- wprowadzenia rynku dobowo-godzinowego: konieczność bilansowania energii w krótkich odcinkach czasu,
- wprowadzania zasady TPA: zwiększenie konkurencji powodujące (nie występującą do tej pory) konieczność zabiegania o finalnego odbiorcę energii elektrycznej,
- zwiększania udziału źródeł typu DG (*Dispersed Generation*)³ w wytwarzaniu energii elektrycznej: własna polityka strategiczna, problematyczne prognozowanie,
- podjęcia gry rynkowej poprzez cenę energii elektrycznej: konieczność poszukiwania maksymalnie niskiej ceny oferowanych produktów (głównie ceny energii elektrycznej), cena tych produktów jest uzależniona od szeregu kosztów, które zmieniają się zgodnie z zasadami gospodarki rynkowej.

3.2. Geneza modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego

W pracy E. Radosińskiego [53] przedstawiono konstrukcje i zastosowanie systemów informatycznych w dynamicznej analizie decyzyjnej. Wykorzystanie takich systemów wydaje się niezbędne podczas planowania strategicznego na szczeblu kierownictwa przedsiębiorstwa dystrybucyjnego dla efektywnego zarządzania ryzykiem. W publikacji zaprezentowano – obok koncepcji dynamicznej analizy decyzyjnej – rezultat wykorzystania komputerowego symulatora przedsiębiorstwa do badania skutków decyzji planowanych i podejmowanych przy zarządzaniu firmą. Opisana metodologia, wykorzystana do budowy autorskiego rozwiązania w postaci systemu wspomaganie decyzji EK_AN_, została oparta na schemacie „*abstrakcja – konkretyzacja – weryfikacja*”. Otrzymany produkt jest elastycznym symulatorem firmy o konstrukcji warstwowej, strukturalnie przystosowany do adaptacji, celem dostosowania jako wewnętrznej struktury do ustawicznie zmieniającej się struktury systemu przedmiotowego, czyli przedsiębiorstwa przemysłowego.

S. Niziński i B. Żółtowski przedstawiają w swoich pracach [42, 43] metodologię stosowaną do budowy informatycznych systemów zarządzania eksploatacją obiektów technicznych traktując ten proces jako zbiór zadań obejmujących: planowanie i podejmowanie decyzji, organizowanie i kontrolowanie, skierowane na zasoby systemu (ludzkie, finansowe, rzeczowe i informacyjne) z zamiarem osiągnięcia jego celu globalnego i celów częściowych w sposób efektywny. Powołując się m. in. na opracowania [5, 44] przedstawiają analizę ekonomiczną jako podstawowe narzędzie zarządzania systemami działania służącą do: oceny wyników funkcjonowania systemu, wykrycia słabych ogniw funkcjonowania systemów, ustalenia sposobów poprawienia efektywności funkcjonowania systemów oraz przygotowania podstaw do podejmowania prawidłowych decyzji. Autorzy zwracają szczególną uwagę na rachunek kosztów jako podstawowe narzędzie efektywnego zarządzania w warunkach gospodarki rynkowej i wykorzystywane do budowy systemu zarządzania eksploatacją obiektów technicznych.

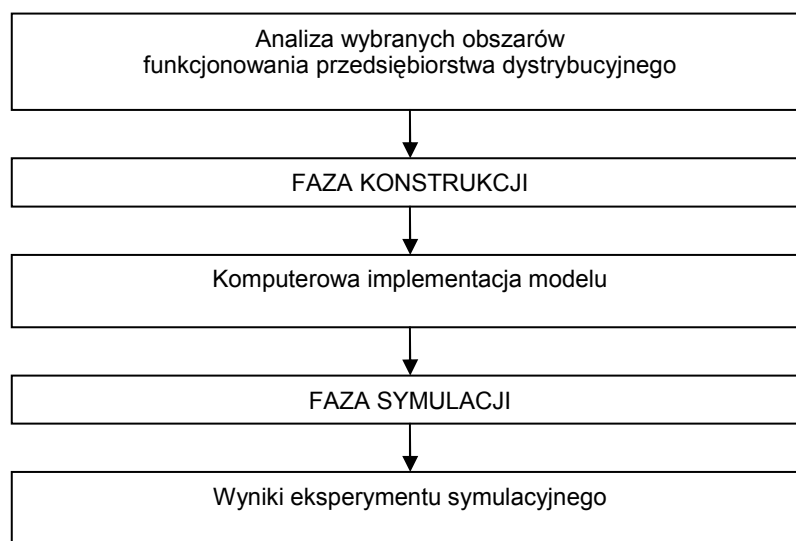
³ Generacja rozproszona, wytwarzanie rozproszone, (ang. *distributed generation, dispersed generation, embedded generation*) to ogół jednostek wytwórczych małej mocy (do 50 – 150 MW) przyłączonych do sieci rozdzielczej, często produkujące energię elektryczną z energii odnawialnych lub niekonwencjonalnych lub w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła.

Dotychczasowe rozwiązania w zakresie funkcjonowania spółek dystrybucyjnych tworzono w warunkach monopolu występującego w sektorze elektroenergetycznym. Przyjmowano, iż tylko taka forma sektora zapewnia odpowiedni poziom bezpieczeństwa energetycznego państwa. Trwająca w kraju transformacja rynku energii elektrycznej wymusza na jego uczestnikach poszukiwania sprawniejszych narzędzi do prognozowania wyników finansowych. Celowe jest zastosowanie przedstawionego w pracy [53] trybu postępowania w celu stworzenia analogicznego modelu symulacyjnego dla przedsiębiorstwa dystrybucyjnego. W procesie modelowania przedsiębiorstwa konieczne jest uwzględnienie specyficznego, techniczno-ekonomicznego charakteru tego podmiotu oraz warunków występujących na konkurencyjnym rynku energii elektrycznej.

3.3. Założenia wstępne – zakres modelowania

Model przedsiębiorstwa dystrybucyjnego, działającego na otwartym rynku energii, powinien uwzględniać: strukturę przedsiębiorstwa, otoczenie przedsiębiorstwa, wpływające na jego funkcjonowanie, rynki energii elektrycznej, na których dokonuje się zakupu energii, rynki energii elektrycznej, na których dokonuje się sprzedaży energii oraz rynki finansowe (kredyty, dopłaty, ubezpieczenia, itd.) obsługujące spółki dystrybucyjne i jej klientów.

Do modelowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego włączono zatem system ekonomiczno-finansowy w celu obserwowania parametrów wyjściowych. Jako główny parametr obserwowany podczas symulacji z wykorzystaniem modelu przyjęto wynik finansowy przedsiębiorstwa występujący w odpowiednich interwałach czasu.



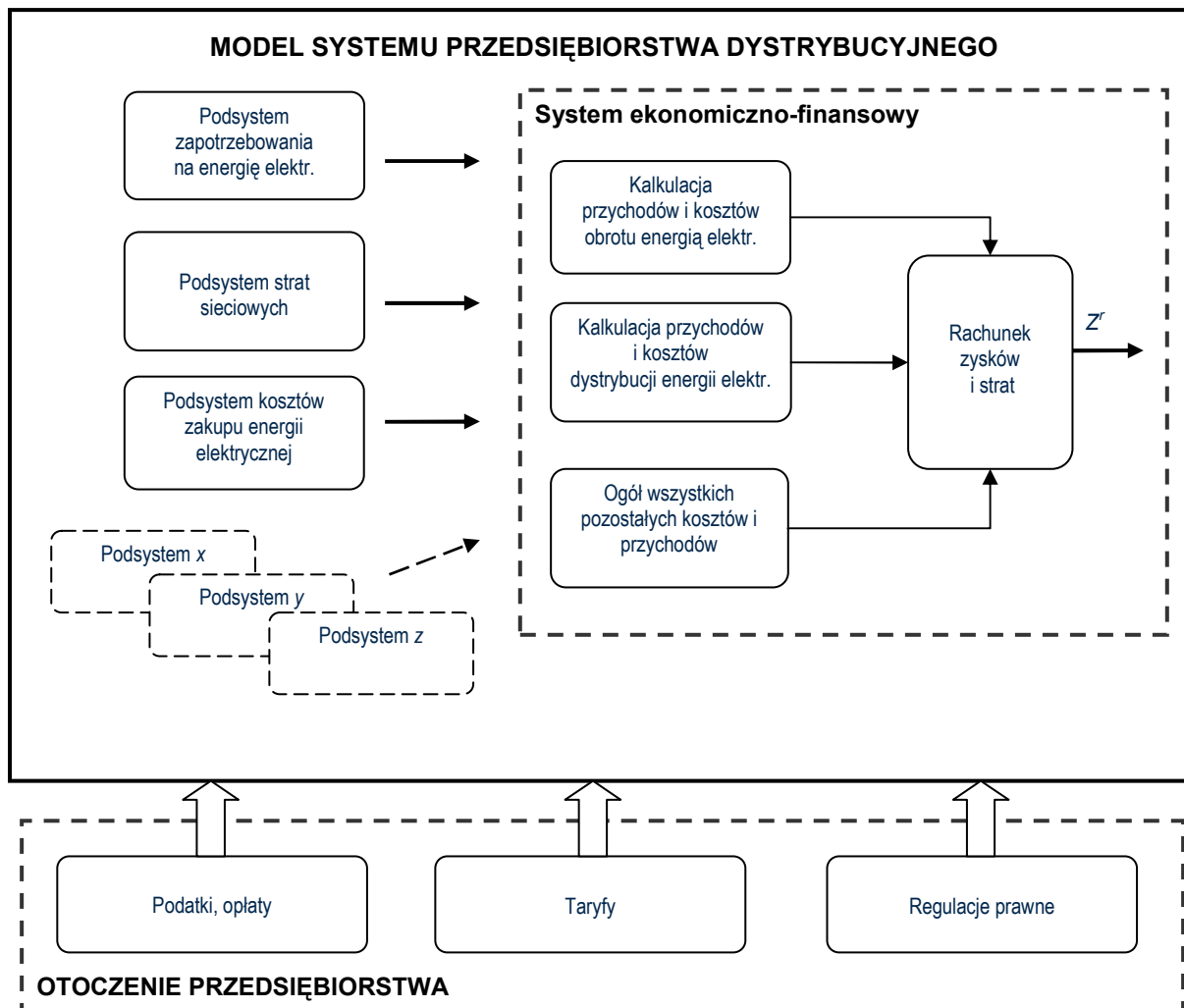
Rys. 3.1. Etapy prac związanych z modelowaniem przedsiębiorstwa dystrybucyjnego. Źródło: opracowanie własne na podstawie [53]

Oprócz modelowania systemu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego relacjami zagregowanymi, postanowiono dodatkowo umożliwić analizowanie wielkości wyjściowych w poszczególnych okresach przejściowych (interwałach czasu) ze względu na możliwość dynamicznie pojawiających się stanów deficytu finansowego, istotnie wpływających na wyniki symulacji. Poszczególne etapy badań prowadzonych w ramach pracy przedstawiono na Rys. 3.1.

Głównym elementem modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego (Rys. 3.2) jest system ekonomiczno-finansowy S_{ef} . Wejścia systemu są zasilane danymi z odpowiednich podsystemów. W ramach analizy funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego

skupiono się na trzech zagadnieniach, w różnym stopniu zależnych od transformacji na rynku energii elektrycznej. Analiza posłużyła do stworzenia:

- podsystemu zapotrzebowania na energię elektryczną S_{ze} ,
- podsystemu strat sieciowych S_{ss} ,
- podsystemu kalkulacji kosztów zakupu energii elektrycznej S_{kze} .



Rys. 3.2. System ekonomiczno-finansowy, podsystemy oraz wybrane elementy otoczenia przedsiębiorstwa dystrybucyjnego. Źródło: opracowanie własne

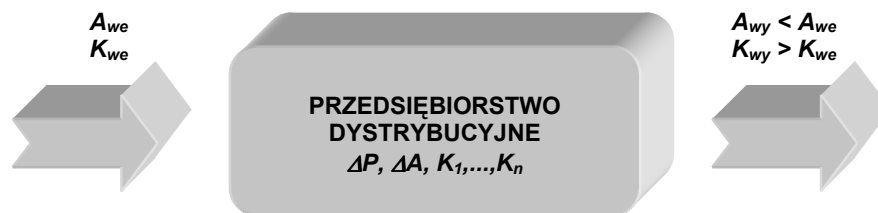
Na Rys. 3.2 osobno przedstawiono blok kalkulacji przychodów i kosztów obrotu energią elektryczną oraz blok kalkulacji przychodów i kosztów dystrybucji energii elektrycznej. Podział taki wprowadza nowy projekt ustawy *Prawo Energetyczne* [83].

3.4. Model przedsiębiorstwa dystrybucyjnego

W pracy [61], zaproponowano ogólny model określający rozkład kosztów energii elektrycznej od momentu wytworzenia, aż po dostawę po stronie odbiorcy. Model powstawania kosztów wraz z odpowiednim oprogramowaniem może stać się narzędziem przydatnym dla gospodarki elektroenergetycznej w różnych miejscach systemu elektroenergetycznego. Wymieniony model systemu elektroenergetycznego składa się z szeregu elementów reprezentowanych przez oddzielne bloki. Poszczególne elementy powinny być modelowane i analizowane osobno. Przez poszczególne bloki przepływa energia

elektryczna, która zostaje odpowiednio pomniejszana o straty sieciowe, generowane w danym elemencie systemu elektroenergetycznego.

Jednym z opisanych elementów gospodarki rynkowej w systemie elektroenergetycznym jest spółka dystrybucyjna, przedstawiona w postaci zamkniętego elementu na Rys. 3.3.



Rys. 3.3. Ogólne parametry modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego ($A_{we(wy)}$ – energia na wejściu (wyjściu) modelu, $K_{we(wy)}$ – koszt 1 MWh na wejściu (wyjściu) modelu, ΔP – straty mocy, ΔA – straty energii, K_1, \dots, K_n – pozostałe koszty). Źródło: opracowanie własne

Strumieniowi energii elektrycznej (A_{we} , A_{wy} , ΔA), przepływającej przez fragment systemu elektroenergetycznego towarzyszy równoległy strumień finansowy, reprezentowany poprzez koszty występujące w układzie (K_{we} , K_{wy} , K_1, \dots, K_n).

W ujęciu formalnym według J. Gutenbauma [21] system (a raczej jego ogólny model) jest traktowany jako: „ *pewne przekształcenie (operator) S , które przekształca wielkość wejściową m , w wielkość wyjściową y (3.1)*

$$y = S(m) \quad ; \quad S : m \rightarrow y \quad (3.1)$$

Na podstawie powyższej definicji model przedsiębiorstwa dystrybucyjnego możemy ogólnie zapisać równaniem (3.2)

$$PD : (T, E) \rightarrow r \in R (Z^r, Z_R^r = \sum Z^r) \quad (3.2)$$

w którym:

PD – model systemu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego,

T – zbiór wejściowych parametrów technicznych,

E – zbiór wejściowych parametrów ekonomiczno-finansowych,

r – przedział czasu (krok symulacji),

R – analizowany horyzont czasu,

Z^r – zbiór wyników finansowych przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w każdym z przedziałów czasu,

Z_R^r – zbiór wyników finansowych obliczanych w trybie narastającym.

3.5. Ekonomiczno-finansowy system przedsiębiorstwa dystrybucyjnego

W systemie ekonomiczno-finansowym przedsiębiorstwa jest bezpośrednio obliczany wynik finansowy w poszczególnych interwałach czasu:

$$S_{ef} : E_{ef} \rightarrow r \in R (Z^r, Z_R^r = \sum Z^r) \quad (3.3)$$

gdzie:

S_{ef} – system ekonomiczno-finansowy przedsiębiorstwa dystrybucyjnego,

E_{ef}^r – zbiór wejściowych parametrów ekonomiczno-finansowych niezbędnych do obliczenia wyniku finansowego przedsiębiorstwa w każdym z okresów r .

Aby zapewnić uniwersalność budowanego modelu skorzystano z algorytmu obliczania wyniku finansowego, który jest zawarty w *Sprawozdaniu o przychodach, kosztach i wyniku finansowym oraz o nakładach na środki trwałe F-01/I-01* sporządzanym dla potrzeb

Głównego Urzędu Statystycznego. Sprawozdanie to jest oparte na standardowym rachunku kosztów zgodnym z obowiązującym prawem rachunkowym [84]. Docelowo dane dla potrzeb symulatora wprowadzane będą bezpośrednio z informatycznego systemu zarządzania, w którym prowadzona jest księgowość przedsiębiorstwa.

3.6. Modele podsystemów przedsiębiorstwa dystrybucyjnego

W kolejnych etapach prac nad systemem modelowano podsystemy charakterystyczne dla przedsiębiorstw dystrybucyjnych. Modelowanie poprzedzono analizą wybranych obszarów funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego.

Podsystem zapotrzebowania na energię elektryczną można przedstawić za pomocą relacji (3.4):

$$S_{ze} : (T_{ze}, E_{ze}) \rightarrow r \in R(A_{ze}^r) \quad (3.4)$$

gdzie:

S_{ze} – podsystem zapotrzebowania na energię elektryczną,

T_{ze} – zbiór wejściowych parametrów technicznych charakteryzujących zapotrzebowanie na energię elektryczną,

E_{ze} – zbiór wejściowych parametrów ekonomiczno-finansowych charakteryzujących zapotrzebowanie na energię elektryczną,

A_{ze}^r – ilość energii elektrycznej w każdym z okresów r [MWh].

Podsystem strat sieciowych określony jest ogólną zależnością:

$$S_{ss} : (T_{ss}, E_{ss}) \rightarrow r \in R(S_s^r) \quad (3.5)$$

gdzie:

S_{ss} – podsystem strat sieciowych,

T_{ss} – zbiór wejściowych parametrów technicznych charakteryzujących straty sieciowe,

E_{ss} – zbiór wejściowych parametrów ekonomiczno-finansowych charakteryzujących straty sieciowe,

S_s^r – ilość strat sieciowych w każdym z okresów r [MWh].

W modelu przedsiębiorstwa, na wyjściu podsystemu strat sieciowych otrzymywana jest sumaryczna wielkość strat występujących w procesie dystrybucji energii przez przedsiębiorstwo dystrybucyjne do odbiorców finalnych.

Podsystem kosztów zakupu energii elektrycznej można zapisać zależnością:

$$S_{kze} : (T_{kze}, E_{kze}) \rightarrow r \in R(K_{ze}^r) \quad (3.6)$$

gdzie:

S_{kze} – podsystem kosztów zakupu energii elektrycznej,

T_{kze} – zbiór wejściowych parametrów technicznych charakteryzujących zakup energii elektrycznej,

E_{kze} – zbiór wejściowych parametrów ekonomiczno-finansowych charakteryzujących zakup energii elektrycznej,

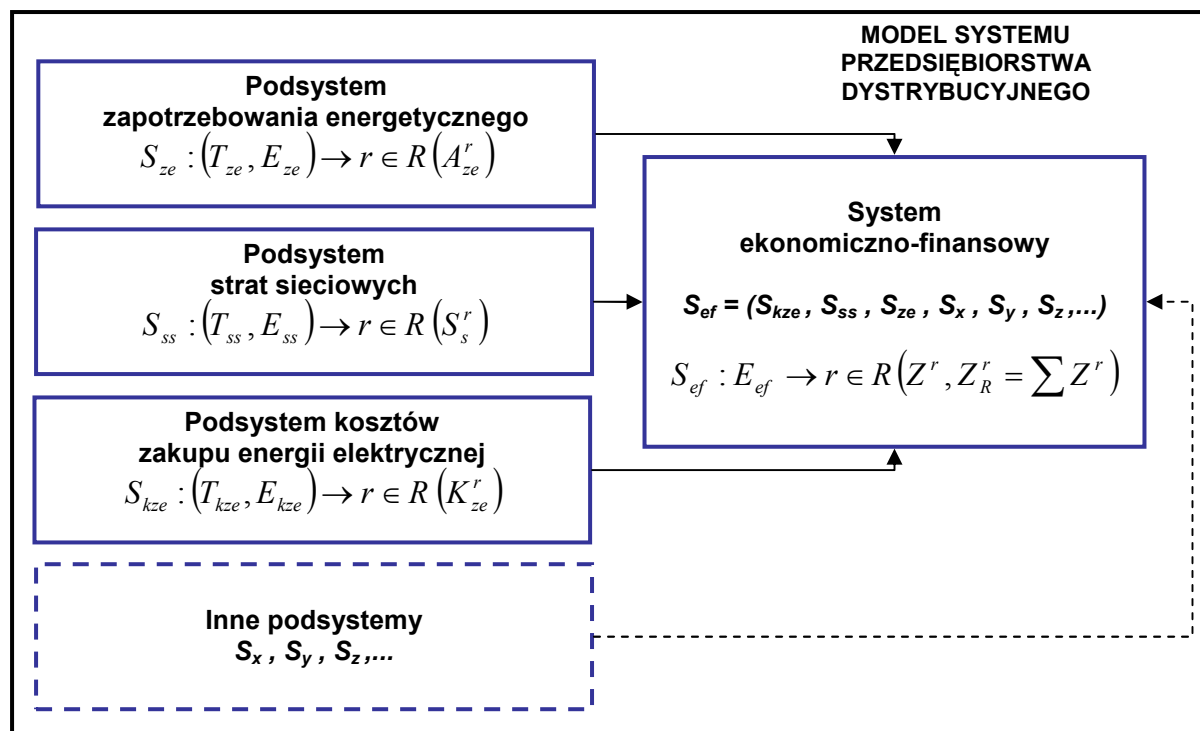
K_{ze}^r – koszty zakupu energii elektrycznej w każdym z okresów r [zł].

Sumaryczny koszt zakupu energii elektrycznej w danym przedziale czasu r jest obliczany na podstawie struktury zakupu (kosztów zakupu z poszczególnych źródeł):

- kosztu zakupu energii od PSE S.A. (MIE, zakup obowiązkowy),
- kosztu zakupu energii w ramach kontraktów dwustronnych,
- kosztu zakupu energii wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła (zakup obowiązkowy wg rozporządzenia [80]),
- kosztu zakupu energii ze źródeł odnawialnych (zakup obowiązkowy wg rozporządzenia [81]),

- kosztu zakupu energii w ramach giełdy energii elektrycznej,
- kosztu zakupu energii w ramach rynku bilansującego,
- kosztu zakupu z innych (pozostałych) źródeł zakupu.

Na Rys. 3.4 przedstawiono relacje występujące odpowiednio w systemie ekonomiczno-finansowym oraz trzech podsystemach. Poszczególne relacje zostały szczegółowo zaprezentowane w rozprawie.



Rys. 3.4. Zależności występujące w modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego. Źródło: opracowanie własne

Proponowane rozwiązanie charakteryzuje się otwartością, która pozwala na elastyczne dodawanie kolejnych podsystemów (S_x, S_y, S_z, \dots), reprezentujących odpowiednie obszary działalności przedsiębiorstwa dystrybucyjnego.

4. Implementacja modelu – program obliczeniowy KOEN

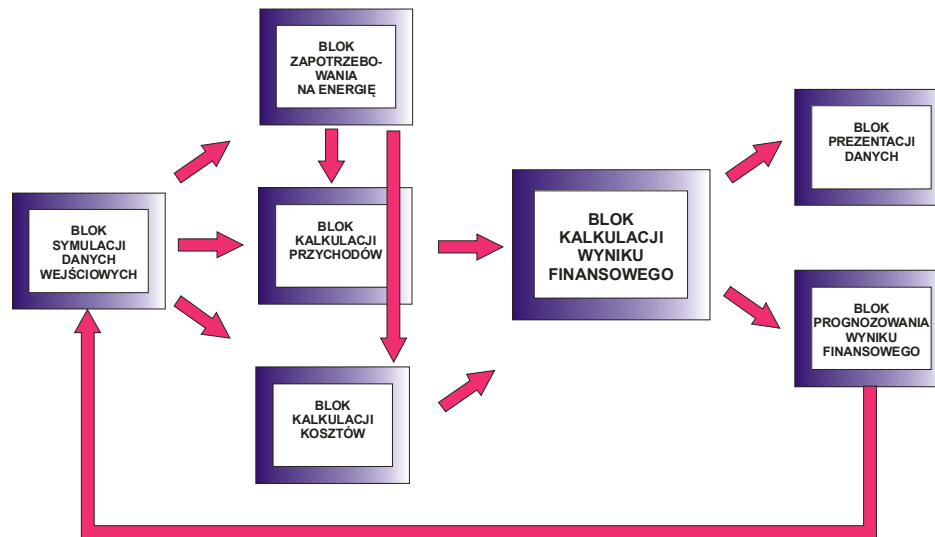
Wykorzystanie omawianego modelu wymaga odpowiedniej implementacji programowej. Pozwala ona na wykonanie badań symulacyjnych oraz przyszłe praktyczne zastosowanie zaprezentowanego rozwiązania w warunkach rzeczywistego funkcjonowania spółki dystrybucyjnej. Przedstawiony w rozprawie model przedsiębiorstwa dystrybucyjnego został wykorzystany do stworzenia autorskiego programu komputerowego KOEN (Koszty Energii).

Schemat ideowy budowy programu przedstawiono na Rys. 4.1. Blok kalkulacji przychodów i blok kalkulacji kosztów są dostosowane do wykonywanych analiz. Składają one się z podmodułów opisujących szczegółowo wybrane obszary funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego⁴. Oba bloki są sprzężone z blokiem zapotrzebowania na energię, którego zadaniem jest wyznaczanie zapotrzebowania na energię elektryczną występującego w danym okresie. Wszystkie trzy bloki: blok zapotrzebowania na energię, blok kalkulacji przychodów i blok kalkulacji kosztów, zasilane są w dane za pomocą bloku

⁴ Liczba i struktura podmodułów może być w miarę potrzeb odpowiednio zmieniana.

symulacji danych wejściowych. Dane przetworzone przez blok kalkulacji przychodów i blok kalkulacji kosztów przekazywane są do bloku kalkulacji wyniku finansowego.

Dodatkowe elementy programu KOEN to: blok prezentacji danych, pozwalający w obrazowy sposób ukazać przetwarzane dane w postaci różnego rodzaju zestawień i wykresów oraz blok prognozowania wyniku finansowego, analizujący uzyskane wyniki oraz mający bezpośredni wpływ na symulator danych wejściowych.



Rys. 4.1. Budowa programu KOEN. Źródło: opracowanie własne

Zasadniczym elementem programu jest moduł symulacji danych wejściowych. Pozwala on na generowanie danych wejściowych według ustalonych wcześniej poziomów. Ustalanie odpowiednich poziomów kosztów, adekwatnych do wartości rzeczywistych, jest osobnym, dosyć złożonym, problemem.

Podając do programu serie danych wejściowych można w szybki sposób otrzymać szereg potencjalnych wyników wyjściowych, które będą odzwierciedleniem sytuacji przedsiębiorstwa w różnych, hipotetycznych sytuacjach.

Program komputerowy zbudowany na podstawie modelu został wyposażony w możliwość działania z różnymi interwałami czasu (dzień, tydzień, miesiąc) pomimo przyjęcia tygodnia jako podstawowego kroku symulacji. Pozwala to na rozszerzenie spektrum badań oraz elastyczny import danych wejściowych.

5. Symulacja funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w warunkach otwartego rynku energii elektrycznej

Zarządzanie przedsiębiorstwem dystrybucyjnym wymaga podejmowania racjonalnych decyzji dotyczących przyszłości. W tym procesie można wykorzystać dane z przeszłości, z pomocą różnego rodzaju technik i metod szeroko przedstawianych w literaturze: [1, 10, 12, 18]. Jest to jednak zadanie złożone, utrudnione przez brak pełnej identyfikacji parametrów wpływających na funkcjonowanie przedsiębiorstwa, spowodowanej następującymi przyczynami:

- struktura przedsiębiorstwa z przeszłości nie odpowiada strukturze docelowej (niezakończony proces transformacji),
- głębokie zmiany w gospodarce krajowej powodują zmiany technologii oraz zmiany przebiegu zapotrzebowania na energię elektryczną,

- system elektroenergetyczny ulega w wielu obszarach zmianom w swojej strukturze (np. zmiany własnościowe).

W rozprawie doktorskiej podjęto próbę symulacji oraz prognozowania wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w wybranych warunkach ekonomiczno-eksploatacyjnych.

5.1. Zakres badań wykonanych z wykorzystaniem modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego

Badania przeprowadzone z wykorzystaniem modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego objęły:

- analizę wrażliwości wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego,
- symulację wpływu zmiany pojedynczego parametru na wynik finansowy:
 - zmianę zapotrzebowania na energię elektryczną,
 - zmianę ilości energii elektrycznej kupowanej w ramach rynku bilansującego,
 - zmianę ilości strat sieciowych,
 - zmianę ilości energii elektrycznej kupowanej obowiązkowo ze źródeł odnawialnych (energia „zielona”),
 - zmianę ceny energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu,
 - zmianę ceny energii elektrycznej w sprzedaży detalicznej (kontrola taryf za energię elektryczną).
- symulację wpływu równoczesnej zmiany kilku parametrów na wynik finansowy (analiza wielowymiarowa):
 - zmianę obciążenia elektroenergetycznego oraz ilości strat sieciowych,
 - zmianę obciążenia, likwidację zakupu w ramach KDT, zmianę ceny energii kupowanej w ramach kontraktów bilateralnych,
- symulację zdarzeń występujących sekwencyjnie.

Badania wykonano w oparciu o dane udostępnione przez rzeczywiste przedsiębiorstwo dystrybucyjne obejmujące okres od 1 stycznia do 31 grudnia 2002. Ze względu na objętość w autoreferacie przedstawiono jedynie wybrane wyniki badań symulacyjnych.

5.2. Analiza wrażliwości

Analizę wrażliwości podzielono na dwie części. W pierwszej części analizowano zmianę: zapotrzebowania na energię elektryczną, ilości strat sieciowych, wartości energii elektrycznej przy zakupie z poszczególnych źródeł (ceny zakupu energii). Wyniki analizy zestawiono w Tab. 5.1.

Analiza wrażliwości pozwoliła na wyróżnienie parametrów powodujących znikome wahania wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego (jako granicę przyjęto odchylenie wyniku finansowego o 1% od wartości początkowej. Parametry te to:

- cena energii – zakup od wytwórców energii odnawialnej,
- cena energii – zakup na giełdzie energii elektrycznej,
- cena energii – zakup z innych źródeł.

W wyniku analizy wrażliwości można wyróżnić także grupę parametrów, których zmiana istotnie wpływa na wartości wyniku finansowego (odchylenie wyniku finansowego od wartości początkowej powyżej 10%). Parametry te to:

- zapotrzebowanie na energię elektryczną,
- straty sieciowe,
- cena energii – zakup z PSE S.A.,
- cena energii – zakup z elektrociepłowni (skojarzenie),
- cena energii – zakup w ramach kontraktów,
- cena energii – rynek bilansujący.

Tab. 5.1. Analiza wrażliwości wyniku finansowego przeprowadzona dla danych udostępnionych przez rzeczywiste przedsiębiorstwo dystrybucyjne dla 2002 roku – część pierwsza

Parametr	Jedn.	Średnia wartość w 2002 roku	Wynik finansowy po zmianie parametru o +1%	Zmiana wyniku finansowego w stosunku do 2002 roku
Zapotrzebowanie na energię elektryczną	MWh	192 904,25	-4 473 569 zł	41,28%
Straty sieciowe	MWh	41 521,17	-8 219 877 zł	7,89%
Cena energii – zakup z PSE S.A.	zł/MWh	119,11	-9 357 462 zł	22,83%
Cena energii – zakup z elektrociepłowni (skojarzenie)	zł/MWh	122,52	-7 758 638 zł	1,84%
Cena energii – zakup od wytwórców energii odnawialnej	zł/MWh	240,84	-7 645 209 zł	0,35%
Cena energii – zakup w ramach kontraktów	zł/MWh	119,98	-8 840 895 zł	16,04%
Cena energii – zakup na giełdzie energii elektrycznej	zł/MWh	168,71	-7 640 422 zł	0,29%
Cena energii – rynek bilansujący	zł/MWh	112,36	-7 780 880 zł	2,13%
Cena energii – zakup z innych źródeł	zł/MWh	144,30	-7 692 678 zł	0,97%

W kolejnym etapie przeanalizowano wpływ zmiany ilości energii kupowanej z poszczególnych źródeł. W tym wypadku zmianie ilości energii z danego źródła o 1% towarzyszyła identyczna zmiana ilości energii kupowanej w ramach kontraktów bilateralnych⁵.

W grupie parametrów analizowanych podczas drugiego etapu największy wpływ na wynik finansowy przedsiębiorstwa mają odpowiednio:

- udział zakupu energii od PSE S.A.,
- udział zakupu energii z innych źródeł,
- udział zakupu energii ze źródeł odnawialnych.

Mniejszy wpływ na wynik ma zmiana pozostałych parametrów wejściowych modelu przedsiębiorstwa.

Tab. 5.2. Analiza wrażliwości wyniku finansowego przeprowadzona dla danych udostępnionych przez rzeczywiste przedsiębiorstwo dystrybucyjne dla 2002 roku – część druga

Parametr	Średnia wartość w 2002 roku	Wynik finansowy po zmianie parametru o +1%	Zmiana wyniku finansowego w stosunku do 2002 roku
Udział zakupu energii od PSE S.A.	52,62%	-7 659 270	0,53%
Udział zakupu energii wytwarzanej w skojarzeniu	4,77%	-7 623 934	0,07%
Udział zakupu energii ze źródeł odnawialnych	0,42%	-7 632 413	0,18%
Udział zakupu na giełdzie energii	1,42%	-7 625 309	0,09%
Udział zakupu energii na rynku bilansującym	11,11%	-7 627 063	0,11%
Udział zakupu energii z innych źródeł	1,35%	-7 632 708	0,19%

5.3. Zmiana zapotrzebowania na energię elektryczną

W ostatnich latach obserwowano w Polsce stabilizację, a nawet spadek, zapotrzebowania na energię elektryczną w przeciwieństwie do innych krajów Unii Europejskiej. W tabeli Tab. 5.3 podano wzrost zużycia energii elektrycznej *per capita*

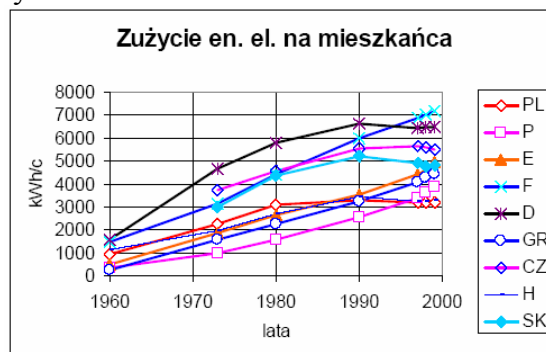
⁵ Przedstawiony tryb postępowania powodował, że suma udziałów zakupu energii z poszczególnych źródeł zawsze wynosiła 100%.

w Polsce oraz wybranych krajach Unii Europejskiej w latach 1960-1999. Wykres opracowany na podstawie powyższej tabeli przedstawiono na Rys. 5.1.

	1960	1973	1980	1990	1997	1998	1999
PL	912	2264	3076	3272	3206	3207	3172
P	329	995	1558	2563	3409	3613	3885
E	493	1883	2643	3538	4405	4576	4940
F	1456	3150	4417	5987	6849	7034	7142
D	1590	4654	5796	6645	6427	6481	6481
GR	242	1548	2247	3233	4051	4257	4409
CZ	bd	3730	4575	5543	5660	5605	5483
H	1134	1957	2699	3430	3231	3254	3310
SK	bd	3018	4355	5193	4927	4763	4828

Tab. 5.3. Roczne zużycie energii elektrycznej *per capita* [kWh/c] w wybranych krajach UE (dla oznaczenia krajów użyto skrótów używanych w ruchu drogowym).

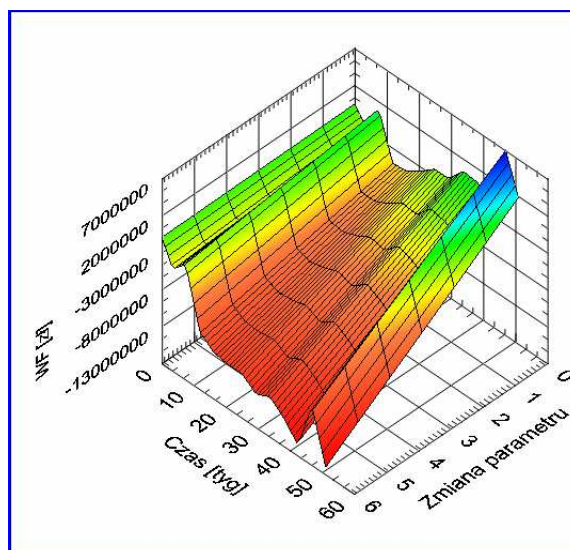
Źródło: [16, 17, 29]



Rys. 5.1. Wykres rocznego zużycia energii elektrycznej *per capita* w wybranych krajach Unii Europejskiej (dla oznaczenia krajów użyto skrótów używanych w ruchu drogowym).

Źródło: [16, 17, 29]

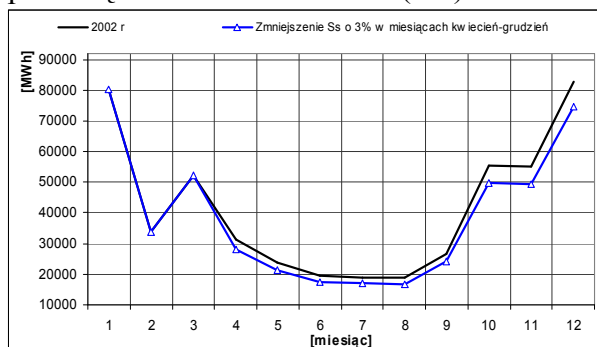
Według przewidywań zapotrzebowanie na energię elektryczną w skali globu wzrośnie z 14.500 TWh w 2000 r. do 24.600 TWh w 2020 r. i 32.000 TWh w roku 2030. W związku z przystąpieniem do Unii Europejskiej i założeniem dalszego, gospodarczego rozwoju należy oczekiwać znacznego wzrostu zapotrzebowania na energię w Polsce. Stwierdzenie takie dotyczy zwłaszcza zapotrzebowania na energię elektryczną. M. Jaczewski, J. Marecki w [29] przewidują, że najpóźniej do 2020 r. zużycie energii elektrycznej na mieszkańca w Polsce osiągnie prawdopodobnie poziom ok. 6 MWh/c, co oznacza wzrost produkcji do ok. 240 TWh rocznie. Podobne założenia przyjęto w *Polityce energetycznej Polski do 2025 roku* [78]. Konieczna jest zatem analiza wpływu zmiany zapotrzebowania na energię elektryczną w aspekcie funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego.



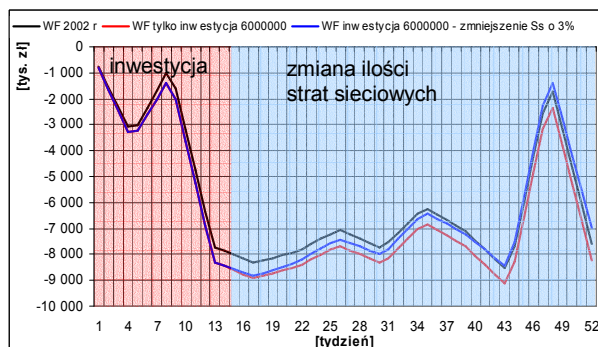
Rys. 5.2. Wynik finansowy przy zmianie zapotrzebowania na energię elektryczną w określonym zakresie (zmiana parametru 0–6 reprezentuje odpowiednio zmianę zapotrzebowania o $\pm 3\%$)

Model przedsiębiorstwa pozwala na szybką symulację wpływu zmiany parametru wejściowego w określonym zakresie. Na Rys. 5.2 pokazano zestawienie przebiegów wyniku finansowego przy zmianie zapotrzebowania na energię elektryczną w zakresie $\pm 3\%$. Na wykresie można wyróżnić pewne specyficzne obszary wyników. Kolorem czerwonym zaznaczono obszar, w którym wyniki finansowe przedsiębiorstwa spadają poniżej określonej,

Wyniki symulacji przeprowadzonych przy powyższych założeniach przedstawiono na Rys. 5.5. Przeprowadzenie zakładanej inwestycji przyniosło poprawę wyniku finansowego przedsiębiorstwa o 646.332 zł (9%).



Rys. 5.4. Wykres ilości miesięcznych strat sieciowych w analizowanym przedsiębiorstwie w 2002 roku wraz z symulacją ich zmniejszenia o 3% w miesiącach kwiecień-grudzień po wykonaniu inwestycji

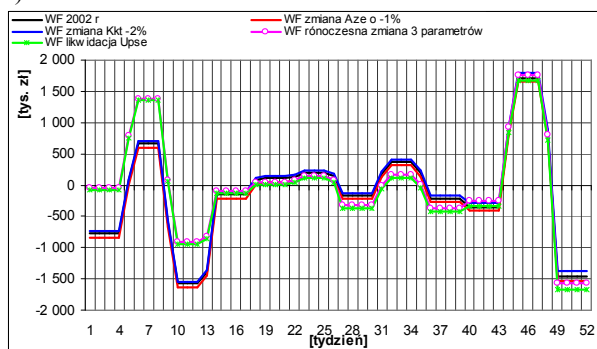


Rys. 5.5. Symulacja efektów finansowych przeprowadzenia hipotetycznej inwestycji w zakresie ograniczenia ilości strat sieciowych, a) wynik finansowy w poszczególnych tygodniach, b) wynik finansowy narastająco

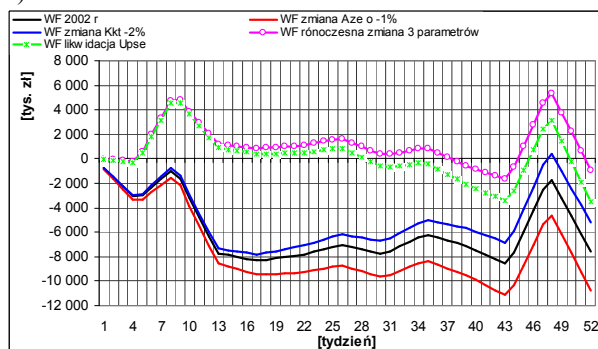
5.6. Równoczesna zmiana kilku parametrów modelu

W ramach równoczesnej zmiany kilku parametrów modelu wykonano symulację hipotetycznej likwidacji kontraktów długoterminowych KDT i wpływ takiego działania na wynik finansowy przedsiębiorstwa dystrybucyjnego. Termin rozwiązania kontraktów długoterminowych jest ciągle przesuwany przez Ministerstwo Gospodarki i Pracy, jednak zasadna jest analiza skutków takiego działania w aspekcie funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego.

a)



b)



Rys. 5.6. Wynik finansowy – symulacja likwidacji kontraktów KDT, a) wynik finansowy w poszczególnych tygodniach, b) wynik finansowy narastająco

Podczas badań założono, że rozwiązanie KDT może powodować następujące skutki:

- zmniejszenie obciążenia (podczas symulacji przyjęto zmianę o 1%) – wprowadzenie opłaty restrukturyzacyjnej ROS może spowodować wzrost przeciętnych opłat za energię, co w efekcie może prowadzić do krótkookresowego zmniejszenia obciążenia elektroenergetycznego,
- likwidację zakupu w ramach kontraktów długoterminowych (równocześnie proporcjonalne zwiększenie zakupu w ramach kontraktów bilateralnych),
- zmniejszenie ceny energii kupowanej w ramach kontraktów bilateralnych (podczas symulacji przyjęto zmianę o 2%) – powszechnie zakłada się, że likwidacja KDT zwiększy konkurencję w sektorze elektroenergetycznym, co powinno doprowadzić do ogólnej obniżki cen energii elektrycznej.

Wyniki symulacji przeprowadzonych przy powyższych założeniach pokazano na Rys. 5.6. Zmniejszenie obciążenia elektroenergetycznego powoduje zmniejszenie wyniku finansowego przedsiębiorstwa. Natomiast całkowita likwidacja zakupu energii od PSE oraz zmniejszenie ceny energii kupowanej ramach kontraktów bilateralnych odpowiednio zwiększa ten wynik. Powyższe zmiany, kształtują się na następującym poziomie w stosunku do 2002 roku:

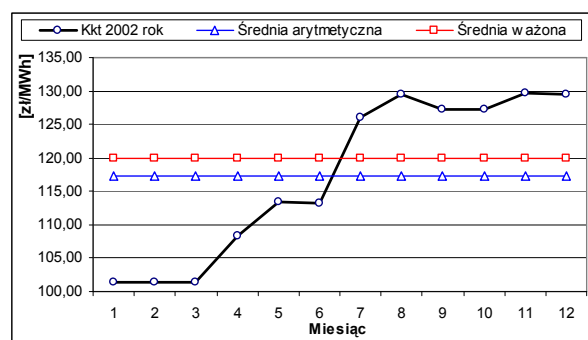
- zmniejszenie obciążenia o 1% – zmniejszenie wyniku finansowego o 3.144.953 zł (41%),
- likwidację zakupu w ramach KDT – zwiększenie wyniku finansowego o 4.074.800 zł (53%).
- zmniejszenie ceny energii kupowanej w ramach kontraktów bilateralnych o 2% – zwiększenie wyniku finansowego o 2.444.744 zł (32%).

W efekcie równoczesnej zmiany wszystkich parametrów zaobserwowano korzystną sytuację dla przedsiębiorstwa dystrybucyjnego. W stosunku do danych z 2002 roku nastąpiło zwiększenie wyniku finansowego spółki o 6.696.223 zł (88%).

Wyniki analizy wielowymiarowej (zmiana dwóch i więcej parametrów wejściowych modelu) są trudniejsze do interpretacji. Następują nieproporcjonalne wzmocnienia i osłabienia wpływu poszczególnych parametrów. Analiza taka jest bliższa rzeczywistemu procesowi funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego, w którym równoczesnej zmianie ulega kilka czynników wpływających na zmienną wyjściową.

5.7. Badania statystyczne z wykorzystaniem modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego

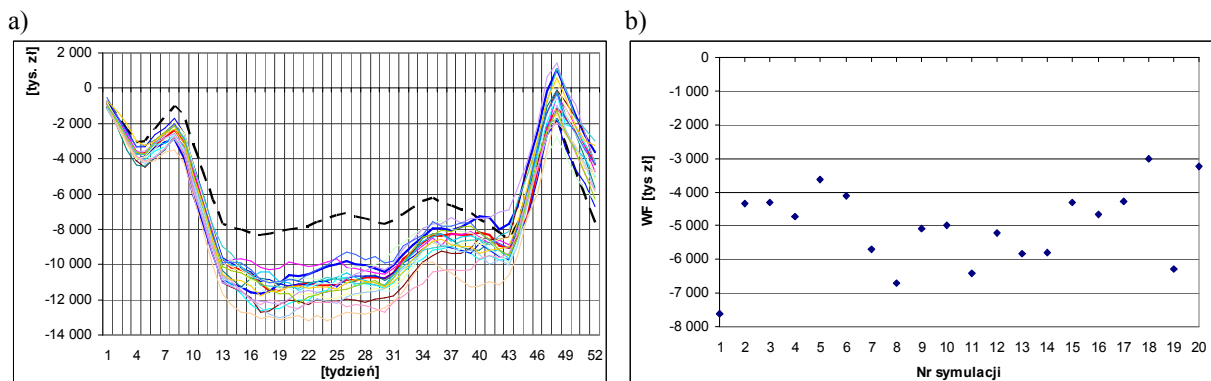
Podczas badań z wykorzystaniem modelu przedsiębiorstwa dokonano, przy wykorzystaniu dostępnych danych rzeczywistych, analizy statystycznej parametrów wejściowych modelu. Jednym z analizowanych parametrów była cena energii elektrycznej przy zakupie w ramach kontraktów bilateralnych (K_{kt}), której zmianę w okresie styczeń-grudzień 2002 przedstawiono na Rys. 5.7.



Rys. 5.7. Zmiana ceny energii elektrycznej nabywanej w ramach kontraktów bilateralnych dla rzeczywistego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w poszczególnych miesiącach 2002 roku

Na podstawie analizy statystycznej powyższych danych wygenerowano⁷ 20 zestawów rocznych, potencjalnych wartości (z interwałem tygodniowym), jakie może przyjmować cena energii przy zakupie kontraktowym w przyszłości. Pozostałe parametry wejściowe ustalono na poziomach z 2002 roku.

⁷ Parametry generacji: rozkład Gaussa, średnia ważona 119,98, odchylenie standardowe 12,01.



Rys. 5.8. Wynik finansowy dla generacji potencjalnej ceny energii przy zakupie kontraktowym w 20 kolejnych symulacjach: a) wynik finansowy w poszczególnych tygodniach na przestrzeni roku dla wygenerowanych serii danych, b) wynik finansowy roczny dla wygenerowanych serii danych

W efekcie przeprowadzenia symulacji otrzymano informacje, które pozwalają wyznaczyć obszar potencjalnego kształtowania się wyniku finansowego podczas kolejnych tygodni całego roku (Rys. 5.8a) oraz zagregowany wynik finansowy roczny (Rys. 5.8b). Otrzymane wyniki symulacji można wykorzystać w procesie kwantyfikacji ryzyka przedsiębiorstwa. Wyniki charakteryzują się jednak stosunkowo dużym rozrzutem oraz odchyleniem standardowym. Rozrzut wyników może być zmniejszany wraz ze zmianą następujących czynników:

- uzupełnianiem identyfikacji parametrów wejściowych wykonanej na podstawie zwiększonej liczebności próby (w miarę gromadzenia informacji dotyczącej poszczególnych procesów na rynku energii elektrycznej)
- skracaniem horyzontu symulacji przyszłego wyniku finansowego (np. do okresu 1 miesiąca).

Przedstawione badania pokazują jedynie potencjalne wykorzystanie modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego. Otrzymane wyniki mogą stanowić podstawę dla wspomagania procesu podejmowania decyzji.

W ramach dalszych prac związanych z wykorzystaniem modelu planowane są badania statystyczne związane z prognozowaniem wyniku finansowego z określoną precyzją. Problemem jest mała liczba rzeczywistych danych wejściowych ze względu na:

- krótki okres w jakim funkcjonuje otwarty rynek energii elektrycznej w Polsce.
- brak narzędzi gromadzących odpowiednie dane wejściowe (z interwałem tygodniowym),
- strategiczne znaczenie danych dla analizowanego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego.

Dane wejściowe, które zostaną wykorzystane w tego typu badaniach muszą charakteryzować się odpowiednimi własnościami, takimi jak:

- odpowiednia liczebność,
- możliwość identyfikacji zakłóceń spowodowanych na przykład wahaniami sezonowymi (szczególnie w aspekcie analizy zmiany obciążenia elektroenergetycznego oraz występowania strat sieciowych).

Model przedsiębiorstwa dystrybucyjnego, wraz z odpowiednim oprogramowaniem, może być także wykorzystany jako narzędzie do gromadzenia danych wejściowych dla przyszłych analiz statystycznych wspierających proces podejmowania decyzji.

5.8. Prognozowanie wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego

W rzeczywistej spółce dystrybucyjnej, w każdym przedziale obliczeniowym, można wprowadzać do modelu odpowiednie aktualne dane opisujące wszystkie parametry modelu oraz obliczać na bieżąco wynik finansowy przedsiębiorstwa. Jeśli wprowadza się w każdym przedziale czasu rzeczywiste dane otrzymuje się aktualny wynik finansowy przedsiębiorstwa. Jeśli oblicza się wynik finansowy dla przedziału, który dopiero nastąpi (np. dla przyszłego tygodnia) można wykorzystać zgromadzoną wcześniej informację. Celowe jest bieżące wykonywanie obliczeń i porównywanie wyników rzeczywistych dla przedziału r z wynikami oczekiwanymi (prognozowanymi).

Implementacja programowa modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego może dostarczać informacji dla metod prognozowania. W ramach niniejszej pracy wykonano badania dotyczące prognozowania wyniku finansowego przedsiębiorstwa z zastosowaniem metod bazujących na szeregach czasowych oraz metod opartych na sztucznych sieciach neuronowych. Otrzymane podczas badań wybrane rezultaty prognozowania przedstawiono w Tab. 5.4. Do oceny jakości prognoz wykonanych w pracy zastosowano średni względny błąd prognozy *ex post* (5.1). Błąd ten wyjaśnia jaki procent rzeczywistej wartości zmiennej stanowiło przeciętne w przedziale weryfikacji bezwzględne odchylenie prognoz od danych rzeczywistych.

$$\Psi = \frac{1}{T-n} \cdot \sum_{r=n+1}^T \frac{|Z^r - Z^{r*}|}{Z^r} \cdot 100 \quad (5.1)$$

gdzie:

Z^{r*} – prognoza wyniku finansowego dla okresu r ,

Ψ – średni względny błąd prognozy *ex post* [%],

n – numer ostatniej znanej obserwacji zmiennej prognozowanej,

T – numer ostatniego okresu dla którego była sprawdzana prognoza.

Tab. 5.4. Wybrane rezultaty prognozowania wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego

Zastosowana metoda prognozowania	Średni względny błąd prognozy <i>ex post</i>	Uwagi
Metoda prostych średnich ruchomych <i>Simple Moving Averages (SMA)</i>	73%	Stała wygładzania: 4 Miesięczny interwał czasu
Metoda ważonych średnich ruchomych <i>Weighted Moving Averages (WMA)</i>	65%	Stała wygładzania: 2 Wartości poszczególnych wag: $W_1=0,86$ $W_2=0,14$ Miesięczny interwał czasu
Metoda ważonych średnich ruchomych <i>Weighted Moving Averages (WMA)</i>	30%	Stała wygładzania: 4 Wartości poszczególnych wag: $W_1=0,1$, $W_2=0,2$, $W_1=0,3$, $W_2=0,4$ Tygodniowy interwał czasu
Model prostego wygładzania wykładniczego <i>Single Exponential Smoothing (SES)</i>	96%	Wartość parametru wygładzania: $\alpha=0,2$ Miesięczny interwał czasu
Model wygładzania wykładniczego Wintersa	19%	Wartość parametrów wygładzania: $\alpha=0,9$; $\beta=0,1$; $\gamma=0,9$ Tygodniowy interwał czasu
Sztuczna sieć neuronowa	19%	Zastosowano jednokierunkową sieć wielowarstwową (tzw. perceptron wielowarstwową) MLP 4-3-2-1 (o czterech wejściach, dwóch warstwach ukrytych i jednym wyjściu) Tygodniowy interwał czasu

Prognozowanie wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego z wykorzystaniem sztucznej sieci neuronowej pozwoliło na otrzymanie wyników porównywalnych z rezultatami prognozowania przy użyciu modelu wykładniczego Wintersa. Średni względny błąd prognozy *ex post* dla obu wymienionych metod osiągał dużo niższe wartości niż przy zastosowaniu metod SMA, WMA i SES.

6. Podsumowanie i wnioski

Celem niniejszej pracy było zbudowanie modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego funkcjonującego na otwartym rynku energii elektrycznej. Przedstawiony model umożliwia jednolite i przejrzyste wyznaczenie wyniku finansowego osiąganego przez spółkę w różnych, hipotetycznych sytuacjach eksploatacyjno-ekonomicznych. Zastosowanie modelu zostało przedstawione w badaniach, przeprowadzonych z wykorzystaniem danych udostępnionych przez rzeczywiste przedsiębiorstwo dystrybucyjne.

Model przedsiębiorstwa dystrybucyjnego może stanowić narzędzie wspomagające zarządzanie w różnorodnych obszarach funkcjonowania takich jak:

- ograniczanie ryzyka związanego z otwartym rynkiem energii elektrycznej,
- analiza krytycznych sytuacji (awarie sieci dystrybucyjnej, zmiany cen energii elektrycznej, zmiany zapotrzebowania na energię elektryczną, itp.),
- analiza kosztów kredytów,
- wspomaganie decyzji dotyczących polityki ubezpieczeniowej,
- analiza poprawności wyliczenia taryf za energię elektryczną.

Przedstawiona implementacja programowa modelu pozwala na kształtowanie funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego, zarówno na bieżąco (działania operacyjne), jak i w długich przedziałach czasu (działania strategiczne).

Wyniki otrzymane za pomocą prezentowanego programu komputerowego mogą posłużyć jako dane wejściowe rozbudowanych modeli decyzyjno-symulacyjnych opartych na zaawansowanych technikach takich jak: sieci neuronowe, zbiory rozmyte, teoria gier i inne.

Dorobek naukowy rozprawy obejmuje:

- Analizę aktualnej sytuacji krajowych przedsiębiorstw dystrybucyjnych na transformowanym rynku energii elektrycznej,
- Analizę struktury zakupu dla wybranych krajowych przedsiębiorstw dystrybucyjnych dla lat 2002-2003,
- Opracowanie modelu symulacyjnego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego z uwzględnieniem transformacji występującej na polskim rynku energii elektrycznej.
- Opracowanie autorskiej implementacji programowej dla przedstawionego modelu przedsiębiorstwa.
- Określenie czynników (parametrów) istotnie wpływających na wynik finansowy przedsiębiorstwa dystrybucyjnego za pomocą analizy wrażliwości.
- Symulację wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w wybranych, hipotetycznych sytuacjach, występujących podczas jego funkcjonowania.
- Opracowanie założeń dla modułu prognozowania wyniku finansowego przedsiębiorstwa dystrybucyjnego na podstawie:
 - metod bazujących na analizie szeregów czasowych,
 - sztucznych sieci neuronowych.

Na podstawie przeglądu literatury oraz badań zaprezentowanych w rozprawie sformułowano następujące wnioski:

1. Polski sektor elektroenergetyczny znajduje się w stanie dynamicznej transformacji – pośrednio pomiędzy gospodarką centralnie zarządzaną, a gospodarką wolnorynkową. Metody analiz i narzędzia wspomagania decyzji, powszechnie stosowane w przedsiębiorstwach funkcjonujących na wolnym rynku, nie mogą być jeszcze bezpośrednio wdrożone w spółkach dystrybucyjnych (specyfika rynku energii elektrycznej, niekompatybilność strukturalna, itp.).
2. Transformacja rynku energii elektrycznej zmusiła przedsiębiorstwa dystrybucyjne do samodzielności ekonomicznej i organizacyjnej, a zatem do samodzielnego zarządzania. Zarządzanie to wymaga analiz finansowych (dostosowanych do branży

elektroenergetycznej) wykonywanych przy użyciu zaawansowanych narzędzi informatycznych. Nową, specyficzną sytuację przedsiębiorstw dystrybucyjnych określają następujące czynniki:

- konieczność dostosowania się do odgórnych regulacji, które nie pozwalają na wprowadzenie pełnych zasad wolnej konkurencji na rynku energii elektrycznej,
 - problematyka konstruowania taryf za energię elektryczną,
 - wprowadzenie zasady TPA (całkowite wprowadzenie zasady zwiększy możliwości działania odbiorców energii na rynku energii elektrycznej, co bezpośrednio wpłynie na strategię przedsiębiorstw dystrybucyjnych)
 - planowana restrukturyzacja KDT, która zwiększy ryzyko podmiotów występujących na rynku energii oraz konkurencję pomiędzy nimi,
 - konsolidacja pionowa w sektorze energetycznym, wymuszana przez zwiększoną konkurencję na krajowym i europejskim rynku energii elektrycznej.
3. Poprawne zarządzanie przedsiębiorstwem dystrybucyjnym wymaga stosowania narzędzi symulacyjnych do bieżącego (*online*) analizowania sytuacji przedsiębiorstwa, a szczególnie oczekiwanych wyników finansowych w celu ograniczania ryzyka ponoszonego przez przedsiębiorstwo. Model i jego implementacja programowa umożliwiają skrócenie czasu wykonania analiz koniecznych ze względu na specyfikę rynku energii elektrycznej (m. in. dobowo-godzinowy rynek bilansujący).
 4. Symulacje przedstawione w niniejszej pracy pozwalają na wyznaczenie specyficznych wartości czynników eksploatacyjnych i ekonomicznych wpływających na wyniki finansowe przedsiębiorstwa dystrybucyjnego:
 - wartości korzystnych – np. zysk przedsiębiorstwa jest większy od zysku uzyskanego poprzez ulokowanie kapitału przedsiębiorstwa na rynku finansowym,
 - wartości, w których funkcjonowanie przedsiębiorstwa jest ekonomicznie uzasadnione,
 - wartości niekorzystnych (duże straty finansowe), które mogą doprowadzić do załamania funkcjonowania spółki dystrybucyjnej.
 5. Model umożliwia krótkoterminowe prognozy wyniku finansowego o ustalonej wiarygodności. W zakresie prognoz długoterminowych model może wyznaczać wpływ dużych zmian parametrów wejściowych (regulacje sektora elektroenergetycznego, ustawodawstwo, reguły ubezpieczeniowe, zmiany cen energii elektrycznej).
 6. Weryfikacja przedstawionego modelu obejmuje sprawdzenie jego funkcjonowania, a zastosowanie w rzeczywistym przedsiębiorstwie do bieżącego kalkulowania wyniku finansowego i jego krótkoterminowego prognozowania, pozwoli na zebranie po kilku latach informacji uściślających prognozy na podstawie analiz statystycznych wyników prognozowanych i osiągniętych. Tradycyjna weryfikacja (polegająca na porównaniu wyników rzeczywistych z wynikami uzyskanymi na podstawie modelu) jest niemożliwa do wykonania, ponieważ model uwzględnia strukturę rynku energii elektrycznej, która jest w trakcie procesu transformacji. Model może być skutecznym narzędziem obserwacji zmieniającej się sytuacji w sektorze elektroenergetycznym.
 7. Przedstawiony model, wraz z odpowiednim oprogramowaniem, można wykorzystać do gromadzenia informacji dotyczących funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego. Zebrane dane historyczne mogą zasilać systemy wspomagania decyzji w przedsiębiorstwie. W miarę gromadzenia informacji dotyczących funkcjonowania przedsiębiorstwa możliwe i celowe będzie uzupełnianie modelu o moduły umożliwiające wykorzystanie w procesie analizy i prognozowania wyniku finansowego metod statystycznych oraz elementów sztucznej inteligencji.
 8. W ramach dalszych badań przewiduje się rozbudowę modelu o dalsze moduły, opisujące szczegółowo kolejne elementy funkcjonowania przedsiębiorstwa dystrybucyjnego (np. awaryjność sieci dystrybucyjnej, analiza procesów inwestycyjnych, analiza kosztów

związanych z jakością energii elektrycznej). Moduły te mogą być tworzone w zależności od obszaru, który ma być poddany szczegółowej analizie decyzyjnej.

9. Przedstawiona w pracy struktura modelu przedsiębiorstwa dystrybucyjnego, oparta na aktualnych standardach rachunkowości, pozwala na współpracę implementacji programowej modelu ze zintegrowanymi systemami zarządzania stosowanymi w dużych przedsiębiorstwach.
10. Na przykładach wykazano w pracy, że model przedsiębiorstwa dystrybucyjnego jest przydatny do bieżącego analizowania wyników finansowych oraz wspierania procesów podejmowania decyzji w celu ograniczenia ryzyka związanego z funkcjonowaniem przedsiębiorstwa na otwartym rynku energii. Badania dotyczące symulacji wyniku finansowego w hipotetycznych sytuacjach – awarie urządzeń sieci dystrybucyjnej, zmiana taryf, itp. – pozwalają na bieżącą projekcję skutków ekonomicznych podejmowanych decyzji. Narzędzia zbudowane na podstawie modelu mogą więc być aktywnie wykorzystane w procesie wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem, co potwierdza zasadność tezy pracy.

7. Literatura

7.1. Wybrane publikacje

1. Adair J., *Podejmowanie decyzji*, Studio Emka, Warszawa, 2001,
2. Anderson B., Bergman L., *Market Structure and the Price of Electricity: An Ex Ante Analysis of Deregulated Swedish Markets*”, Energy J. vol. 16 no.2, 1995.
3. Associated European Energy Consultants EWIV, Berlin, *Der Energiebinnenmarkt in Europa. Ein Recht – und Strukturvergleich*, VWEW Energieverlag GmbH, Frankfurt, 2003.
4. Bartosz L., Homola V., *Risk of economic decision In the energy industry*. Power Gen, Budapeszt, 1996,
5. Bednarski L., *Analiza finansowa w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa, 1997,
6. Bergschneider C., Karasz M., Schumacher R., *Risikomanagement im Energiehandel*, Schaeffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2001,
7. Bernot N., *Local Energy Systems and Energy Efficiency*, Sofia, Bulgaria, 2003,
8. Bernot N., *Restrukturyzacja elektroenergetyki. Kierunki przemian strukturalnych w elektroenergetyce europejskiej*, Elektroenergetyka, nr 1, 2004,
9. Biewald B., White D.E., Steinhurst W., *Horizontal Industrial Market Structure and Market Power in New England Electricity Markets: Simulation Results and a Review of NEPOOL's Analysis*”, Vermont Dept. of Public Service, Tech.Rep. no.39, 1997,
10. Bogajewski W., *System informacji decyzyjnej rynku energii*, Rynek energii, nr 5(30), 2000,
11. California Power Exchange: Blue Ribbon Panel Report, *Pricing in the California Power Exchange electricity Market: Should California Switch from Uniform Pricing to Pay-as-bid Pricing?*, 2001,
12. Dittman P., *Metody prognozowania sprzedaży w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 1998,
13. Dobrzańska I., *Prognozowanie w elektroenergetyce, zagadnienia wybrane*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2002,
14. Dunn A., *Regulation over risk management in energy*, The Desk New Power Executive, 2003,
15. Electric Power Research Institute, *External Evaluation of Development of Power Market in Poland*, 2001,
16. *Energy Balances of OECD Countries 1998-1999*, IEA, 2001,
17. *Energy Balances of NON-OECD Countries 1997-1998*, IEA, 2000,
18. Gajda J., *Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze*, C.H. Beck, Warszawa, 2001,
19. Green R. J., Helm D., Powell A., *Competition versus Regulation in British Electricity Generation in The British Energy Experience: A lesson or a Warning?*, Imperial College Press, London, 2000,
20. Gunn C., Sharp B., *Electricity distribution as unsustainable natural monopoly*, Energy Economics, No. 21, 1999,
21. Gutenbaum J., *Modelowanie matematyczne systemów*, PWN, Warszawa, Łódź 1987,
22. Guzik R., *Rynek bilansujący a prawo wyboru dostawcy energii elektrycznej*, Biuletyn URE, nr 6, 2004,
23. Hall L., *Risk at the margin*, Energy risk, nr 2, 2004,
24. Harris C., *Framework for Value at Risk for Energy Companies*, Energy Forum, Sztokholm, 2002,

25. Hobbs B. F., *Strategic Gaming Analysis for Electric Power Systems, an MPEC Approach*, IEEE Transactions On Power Systems, vol. 15, no. 2, 2000,
26. Hogan W.W., *Reshaping the Electricity Industry: Co-ordination for Competition Technical and Institutional Issue*, Massachusetts Institute of Technology, 1995,
27. Hunt S., Shuttleworth G., *Competition and Choice in Electricity*, N.Y.: J. Wiley, 1996,
28. Ilic M., Galiana F., Fink L., *Power systems restructuring*, Engineering and Economics, Power electronics and Power systems Series, Kluwer Academic Publisher, 1998,
29. Jaczewski M., Marecki J., *Strategiczne problemy rozwoju elektroenergetyki w Polsce na początku XXI wieku*, Mat. Międzynarodowej Konferencji „Electric Power Supply Strategy in the 21st Century”, EPS 2003, Warszawa 2003,
30. Jankowski B., *Spółki dystrybucyjne na liberalizującym się rynku energii w Polsce, szanse i zagrożenia*, Regionalne Forum Światowej Rady Energetycznej, Wilno, 1999,
31. Juchniewicz L., *Rynek bilansujący i zasada TPA a rola Regulatora*, CIRE, 2003,
32. Kaloko A., *Introduction to electric power competition*, Pennsylvania Public Utility Commission, Pennsylvania, 1999,
33. Kłysz M., *Rynek energii elektrycznej w Polsce*, Przegląd Organizacji, nr 6, 1999,
34. Laudyn D., *Rachunek ekonomiczny w elektroenergetyce*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999,
35. Malko J., *Rynki energii elektryczne*, Biuletyn Miesięczny PSE S.A., nr 5, 1999,
36. Malko J., Weron A., *Propozycja wdrożenia rynku energii elektrycznej w Polsce*, Rynek Terminowy, nr 5, 1999,
37. Malko J., Weron A., *Rynek energii elektrycznej. Mechanizmy funkcjonowania*, CIRE, 2001,
38. Malko J., Weron A., Weron R., *Polish power sector transitioning to the market*, Annual European Energy Conference, IAEE, Vol. 2, Session C-4.1, Bergen, 2000,
39. Michalski D., Krysta B., Lelątko P., *Zarządzanie ryzykiem na rynku energii elektrycznej*, IDWE, Warszawa, 2004,
40. Mielczarski W., *Rynki energii elektrycznej, Wybrane aspekty techniczne i ekonomiczne*, Agencja Rynku Energii S.A. i Energoprojekt-Consulting S.A., Warszawa, 2000,
41. Nazarko J., Rybaczyk M., *Analiza strat energii elektrycznej w sektorze dystrybucji w Polsce*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 998, Taksonomia nr 10, Wrocław 2003,
42. Niziński S., Żółtowski B., *Informatyczne systemy zarządzania eksploatacją obiektów technicznych*, MARKAR, Olsztyn – Bydgoszcz 2001,
43. Niziński S., Żółtowski B., *Zarządzanie eksploatacją obiektów technicznych za pomocą rachunku kosztów*, MARKAR, Olsztyn – Bydgoszcz 2002,
44. Nowak E., *Decyzyjne rachunkowości kosztów*, PWN, Warszawa, 1994,
45. Praca zbiorowa, red. Kulczycki J., *Ograniczanie strat energii elektrycznej w elektroenergetycznych sieciach rozdzielczych*, PTPiREE, Poznań, 2002,
46. Patterson W., *Transforming Electricity. The Coming Generation of Change*, The Royal Institute of International Affairs, Earthscan Publications Ltd, 1999,
47. Pepermans G. and Willems B., *Regulating transmission in a spatial oligopoly: a numerical illustration for Belgium.*, 2003,
48. Pepermans, G., Proost, S., *The Liberalization of the Energy Sector in the European Union*, ETE-Working paper nr 3, 2000,
49. Popczyk J., *Aktualna sytuacja w gospodarce energetycznej. Perspektywy rozwoju*, Energetyka Ciepła i Zawodowa, nr 5, 2001,
50. Popczyk J., *Energetyka początku XXI wieku. Szok w przyszłości*, Mat. XII Konferencji Energetyki „Modernizacja energetyki. Wyzwania dla przyszłości”, Szczyrk, 2001,
51. Popczyk J., *Podstawowe założenia funkcjonowania przedsiębiorstw multienergetycznych przedsiębiorstw infrastrukturalnych*, Energetyka, nr 8, 2001,
52. Popczyk J., *Rozwój rynku energii elektrycznej i prywatyzacja przedsiębiorstw elektroenergetycznych w Polsce. Stan obecny i perspektywy*, Mat. Konferencyjne, Krzyżowa – Wrocław, 1998,
53. Radosiński E., *Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej*, PWN, Warszawa, 2001,
54. Szalbierz Z., *Spółki dystrybucyjne na rynku energii elektrycznej. Zmiana struktur rynku i procesów zarządzania*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2002,
55. Tchórzewski J., *Identyfikacja rynku energii elektrycznej w środowisku Matlab'a i Simulink'a*, Systems vol. 9, Special Issue 2/2, 2004,
56. Tchórzewski J., Skwierczyński P., *Symulacja rynku energii elektrycznej w środowisku Matlab'a i Simulink'a*, Systems vol. 9, Special Issue 2/2, 2004,
57. Theis K.A., *Restructuring of Power Industry in the EU*, Systems vol. 9, Special Issue 2/2, 2004,

58. Toczyłowski E., *Optymalizacja procesów rynkowych przy ograniczeniach*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2002,
59. Tomaszewski M., Bartodziej G., *Analiza wpływu struktury zakupu energii elektrycznej na wynik finansowy przedsiębiorstwa energetycznego*, Mat. VIII Konferencji „Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie”, WNT, Warszawa, 2005,
60. Tomaszewski M., Bartodziej G., *Analiza wrażliwości modelu przedsiębiorstwa energetycznego funkcjonującego na liberalizowanym rynku energii elektrycznej*, Mat. VI Konferencji „Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie”, WNT, Warszawa 2003,
61. Tomaszewski M., Bartodziej G., *Uproszczona metoda i program obliczenia minimalnego kosztu energii elektrycznej*, Mat. VIII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Forum Energetyków”, Szczyrk, 2002,
62. Tomaszewski M., *Information management in power plants considering transformations on power market*, The second International Phd. Students “Workshop Control & Information Technology” IWCIT’01, Ostrava, 2001,
63. Tomaszewski M., Kowalczyk K., *Wykorzystanie systemów wspomaganie decyzji dla potrzeb polskiego rynku energii elektrycznej*, Mat. V Konferencji „Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie”, WNT, Warszawa, 2002,
64. Tomaszewski M., Niesłony A., Wolny G., *Dynamiczne symulowanie wyników finansowych przedsiębiorstwa energetycznego przy różnych uwarunkowaniach ekonomiczno – eksploatacyjnych*, Mat. IX Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Forum Energetyków”, Bielsko-Biała 2004,
65. Tomaszewski M., *Symulacyjny model przedsiębiorstwa energetycznego w dynamicznej analizie decyzyjne*, Mat. VII Konferencji „Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie”, WNT, Warszawa 2004,
66. VAN ROY, P., *Study of the technical-economical aspects of the liberalisation of the electricity market*, PhD Thesis, K.U. Leuven, November 2001,
67. Weron A., Weron R., *Gielda energii, Strategie zarządzania ryzykiem*, CIRE, Wrocław, 2000,
68. Wolak F.A., Patrick R.H., *The Impact of Market Rules and Market Structure on the Price Determination Process in the England and Wales Electricity Market*, Dept. Economics, Stanford Univ., 1996,
69. Zerka M., *Konsekwencje otwarcia rynku energii elektrycznej w Polsce*, Gospodarka Paliwami i Energią nr 3, 2002,
70. Zerka M., *Mechanizmy rynkowe w elektroenergetyce. Zagadnienia wybrane*, IDWE, Warszawa, 2001,
71. Zerka M., *Przeciwdziałanie nadużywaniu siły rynkowej na rynku energii elektrycznej w Polsce*, CIRE, 1999,
72. Zerka M., *Segment bilansujący rynku energii elektrycznej w Polsce. Podstawowe uwarunkowania wdrożenia i rozwoju*, CIRE, Warszawa, 2000,
73. Zerka M., *Strategie na rynkach energii elektrycznej*, IDWE, Warszawa, 2003,
74. Zerka M., *Zarządzanie ryzykiem na konkurencyjnym rynku energii elektrycznej*, CIRE, Warszawa, 2001,
75. Zieliński J., *Inteligentne systemy w zarządzaniu – teoria i praktyka*, PWN, 2000.

7.2. Wybrane akty urzędowe

76. Dyrektywa Unii Europejskiej nr 2003/54/EC w sprawie wspólnych zasad wewnętrznego rynku energii elektrycznej i uchylenia Dyrektywy 96/92/EC,
77. Dyrektywa Unii Europejskiej nr 96/92/EC w sprawie jednolitych zasad wewnętrznego rynku energii elektrycznej (w skrócie Dyrektywa IEM),
78. Ministerstwo Gospodarki i Pracy, *Polityka energetyczna Polski do 2025 roku*, 2004,
79. Ministerstwo Gospodarki i Urząd Regulacji Energetyki, *Rynek energii elektrycznej w Polsce. Zasady działania rynku energii elektrycznej w Polsce w roku 2000 i latach następnych*, Warszawa, 15 października 1999,
80. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła, Dz.U. z 2004 r., Nr 267, poz. 2657,
81. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonego w odnawialnych źródłach energii, Dz.U. z 2004 r., Nr 267, poz. 2656,
82. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 23 kwietnia 2004 r. w sprawie szczegółowych zasad kształtowania i kalkulacji taryf oraz rozliczeń w obrocie energią elektryczną, Dz.U. z 2004 r., Nr 105, poz. 1114,
83. Rządowy projekt ustawy o zmianie ustawy *Prawo Energetyczne*, druk sejmowy nr 3135, data wpływu 22.07.2004,
84. Ustawa z dnia 29 września 1994 r. o rachunkowości, Dz.U. z 2002 r., Nr 76, poz. 694, ze zm.,
85. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r., *Prawo energetyczne*, Dz.U. z 2003 r., Nr 153, poz. 1504, ze zm.