

# Wpływ czynników atmosferycznych na zmienność zużycia energii elektrycznej

## Influence of Weather on the Variability of the Electricity Consumption

**Wojciech Zalewski**

Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania, Katedra Informatyki  
Gospodarczej i Logistyki

### Abstract

This paper presents an application of statistical analysis to the estimation of the influence of weather on the variability of the electricity consumption in different parts of power distribution system. Simulation studies have been performed to demonstrate the efficiency of the proposed scheme and an effect of different parameters on its accuracy on the basis of actual data obtained at distribution system substations. To verify the proposed method of energy consumption estimation the measurements of daily energy consumption and weather factors at selected distribution substations in Białystok Power Distribution Utility Co. were made in 365 days.

**Keywords:** Statistical analysis, electricity consumption, weathering, power distribution systems

### Wstęp

Wiedza na temat wielkości zużycia energii elektrycznej występującej w różnych grupach odbiorców energii elektrycznej jest bardzo istotna, z punktu widzenia prawidłowego zarządzania eksploatacją elektroenergetycznych sieci rozdzielczych. Zmiany zachodzące na rynku energii elektrycznej wymuszają stosowanie skutecznych metod predykcji zużycia energii elektrycznej, co jest podstawą analiz ekonomicznych i technicznych. Znajomość profili zapotrzebowania odbiorców końcowych na moc i energię elektryczną, powinna być podstawą formułowania strategii

cenowych, konstruowania systemu taryfowego oraz podejmowania działań, mających na celu poprawę efektywności i niezawodności wykorzystania sieci rozdzielczych.

W artykule przedstawiono statystyczne zależności między czynnikami klimatycznymi a wartością zużycia energii elektrycznej dla różnych grup odbiorców. Rozważania teoretyczne poparto analizą danych pomiarowych uzyskanych w wybranych stacjach transformatorowych SN/nn na terenie Zakładu Energetycznego Białystok Miasto.

## 1. Czynniki klimatyczne wpływające na zmienność obciążenia

Wielkość zużycia energii elektrycznej na poziomie stacji transformatorowych w sieciach rozdzielczych ma charakter losowy i zależy od wielu czynników.<sup>1</sup> Najczęściej bada się wpływ ilości odbiorców, ich charakter (przemysłowi lub komunalno-bytowi), rodzaj dnia (robocze lub wolne od pracy), wartość mocy zainstalowanej w poszczególnych gospodarstwach. W wielu metodach prognostycznych poszukuje się dodatkowych informacji uzupełniających, które mogą poprawić dokładność predykcji<sup>2</sup>. Do takich danych można zaliczyć informacje o warunkach pogodowych występujących na badanym obszarze, które związane są z położeniem geograficznym. Do czynników klimatycznych zalicza się temperaturę powietrza, wilgotność, siłę wiatru, wielkość opadów, ciśnienie, nasłonecznienie. Ich wpływ może dotyczyć systemów elektroenergetycznych o różnej wielkości (od krajowego, poprzez rejony energetyczne do indywidualnych odbiorców)<sup>3</sup>. W pracy przedstawiono analizę wpływu temperatury otoczenia oraz długości dnia na zużycie energii elektrycznej w czterech wybranych stacjach transformatorowych SN/nn, różniących się pod względem charakteru zasilanych odbiorców. Dokonano także podziału na dni robocze i wolne od pracy.

---

<sup>1</sup> Nazarko J., 1993. *Modeling of Electrical Power Distribution Systems*. Białystok Technical University, Białystok.

<sup>2</sup> Misiorek A., Weron R., 2005. *Wykorzystanie zmiennych zewnętrznych w celu zwiększenia dokładności prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną*. Konferencja Aktualne Problemy w Elektroenergetyce, APE, Gdańsk.

<sup>3</sup> Łyp J., Popławski T., Starczynowska E., 2011. *Kompleksowa analiza wpływu czynników meteorologicznych na zmienność obciążeń Krajowego Systemu Elektroenergetycznego*. Przegląd Elektrotechniczny 2.

## 2. Eksperyment pomiarowy

W ramach zadania badawczego, przeanalizowano zużycie energii elektrycznej w wybranych stacjach transformatorowych SN/nn na terenie Rejonu Energetycznego Białystok Miasto. Wybrano cztery stacje transformatorowe zasilające: osiedle domów jednorodzinnych (stacja nr 54), bloki mieszkalne (stacja nr 767), pawilon handlowo-usługowy (stacja nr 35), targowisko miejskie (stacja nr 1643). Czas trwania eksperymentu pomiarowego ustalono na 12 miesięcy, co pozwoliło zarejestrować dzienne zużycie energii elektrycznej ( $A_d$ ) stacji w pełnym cyklu rocznym. Dane dodatkowe dotyczyły temperatury maksymalnej ( $T_{max}$ ) i minimalnej ( $T_{min}$ ) w ciągu dnia oraz długości dnia (czas między wschodem a zachodem słońca -  $h_d$ ).

Wpływ badanych czynników na zużycie energii elektrycznej w poszczególnych stacjach zbadano wykorzystując współczynniki korelacji liniowej między dziennym zużyciem energii elektrycznej a czynnikami atmosferycznymi. Rezultaty obliczeń dla dni roboczych przedstawiono w Tabeli 1., a dla dni wolnych od pracy w Tabeli 2.

**Tabela 1.** Współczynniki korelacji pomiędzy zużyciem energii a badanym czynnikiem (dni robocze)

Nr stacji	$h_d$	$T_{max}$	$T_{min}$
35	-0,03132	-0,08973	-0,02504
54	-0,92955	-0,89334	-0,74242
767	-0,72422	-0,63070	-0,42774
1643	-0,72528	-0,90344	-0,85367

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 2.** Współczynniki korelacji pomiędzy zużyciem energii a badanym czynnikiem (dni wolne)

Nr stacji	$h_d$	$T_{max}$	$T_{min}$
35	0,31288	0,32711	0,30568
54	-0,91974	-0,89491	-0,69884
767	-0,63342	-0,56295	-0,45854
1643	-0,59718	-0,79546	-0,69681

Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z analizy Tabeli 1. i Tabeli 2., wpływ badanych czynników atmosferycznych nie jest równomierny we wszystkich stacjach. Stacja nr 35 zasilająca pawilon handlowo-usługowy, który funkcjonuje w stałych godzinach i nie pracuje w dni wolne od pracy, wykazuje znikomą zależność wartości zużycia energii od

badanych czynników. Natomiast w stacji nr 1643, która zasila targowisko miejskie (praca od wczesnych godzin rannych i nocnych przez 7 dni w tygodniu, wykorzystywanie urządzeń grzewczych lub klimatyzacyjnych) zależności są silniejsze i występują także w dni wolne od pracy. W pozostałych dwóch stacjach (nr 54 i nr 767), zależności są znaczące przy wpływie temperatury maksymalnej i długości dnia. Silniejsze zależności występują w stacji nr 54, która zasila osiedle domków jednorodzinnych. Stacja nr 767 zasila bloki mieszkalne, których mieszkańcy raczej nie używają energii elektrycznej do celów grzewczych i uzyskania ciepłej wody.

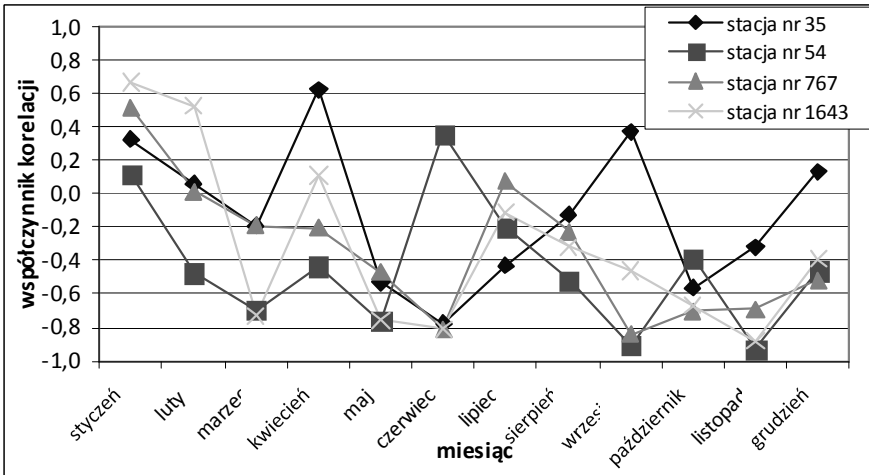
W dalszej analizie obliczono wpływ tych samych czynników na zużycie energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach roku. Zestawienie opracowano tylko dla dni roboczych (mała liczba dni wolnych w miesiącu powoduje słabą istotność statystyczną) Miesięczne współczynniki korelacji przedstawiono w Tabeli 3.

**Tabela 3.** Miesięczne wartości współczynników korelacji dla dni roboczych

Miesiąc	Stacja nr 35			Stacja nr 54			Stacja nr 767			Stacja nr 1643		
	$h_d$	$T_{max}$	$T_{min}$	$h_d$	$T_{max}$	$T_{min}$	$h_d$	$T_{max}$	$T_{min}$	$h_d$	$T_{max}$	$T_{min}$
styczeń	0,329	0,101	0,077	0,122	-0,400	-0,378	0,519	-0,112	-0,125	0,667	-0,438	-0,556
luty	0,060	0,049	0,391	-0,475	-0,539	-0,731	0,015	-0,020	0,324	0,528	-0,448	-0,586
marzec	-0,188	-0,105	-0,309	-0,695	-0,661	-0,549	-0,189	-0,159	-0,470	-0,730	-0,737	-0,803
kwiecień	0,628	-0,606	-0,341	-0,434	-0,450	-0,793	-0,203	0,297	0,196	0,112	-0,711	-0,748
maj	-0,526	-0,701	-0,426	-0,765	-0,672	-0,644	-0,466	-0,310	-0,008	-0,754	-0,794	-0,519
czerwiec	-0,777	-0,839	-0,455	0,357	0,204	0,329	-0,810	-0,825	-0,442	-0,808	-0,830	-0,464
lipiec	-0,429	-0,177	0,240	-0,198	-0,277	-0,243	0,076	-0,257	0,228	-0,111	-0,499	-0,128
sierpień	-0,123	0,115	-0,082	-0,516	-0,274	-0,047	-0,224	-0,399	0,115	-0,318	-0,656	-0,064
wrzesień	0,374	0,337	0,194	-0,911	-0,699	0,053	-0,841	-0,516	0,368	-0,462	-0,111	0,179
październik	-0,563	0,053	0,176	-0,385	-0,799	-0,648	-0,700	0,046	0,480	-0,668	-0,648	-0,607
listopad	-0,320	-0,158	-0,193	-0,928	-0,862	-0,621	-0,692	-0,581	-0,446	-0,884	-0,895	-0,754
grudzień	0,133	-0,166	0,107	-0,462	-0,345	-0,424	-0,514	-0,330	-0,450	-0,393	-0,686	-0,718

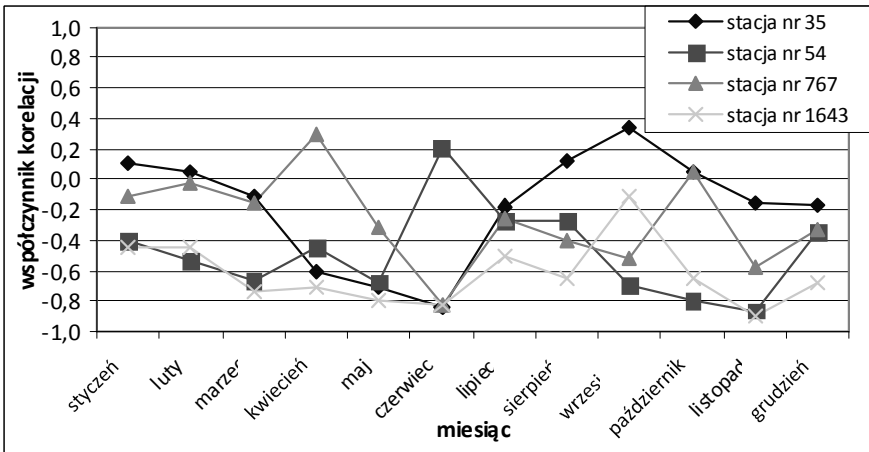
Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z analizy wartości współczynników korelacji zawartych w Tabeli 3., w stacji nr 35 największy wpływ na zużycie energii ma temperatura i długość dnia w miesiącach wiosennych (kwiecień, maj, czerwiec), w stacji nr 54 najsilniejsza zależność występuje między temperaturą maksymalną a zużyciem energii w miesiącach jesiennych. Podobnie wygląda związek między długością dnia a zużyciem energii. W stacji nr 767 najsilniejszy związek występuje w miesiącu czerwcu i wrześniu. Natomiast w stacji nr 1643, silna zależność zużycia energii od temperatury maksymalnej widoczna jest niemal w każdym miesiącu, a wpływ długości dnia szczególnie silnie uwydatnia się w miesiącach jesiennych i zimowych. Zależności te przedstawiono na rys. 1. i rys. 2.



Źródło: opracowanie własne.

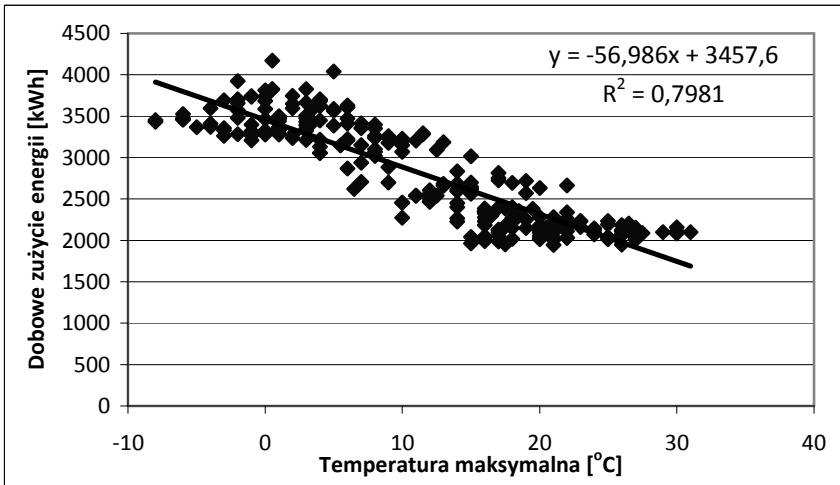
Rys. 1. Miesięczna zmienność współczynnika korelacji między  $A_d$  i  $h_d$



Źródło: opracowanie własne.

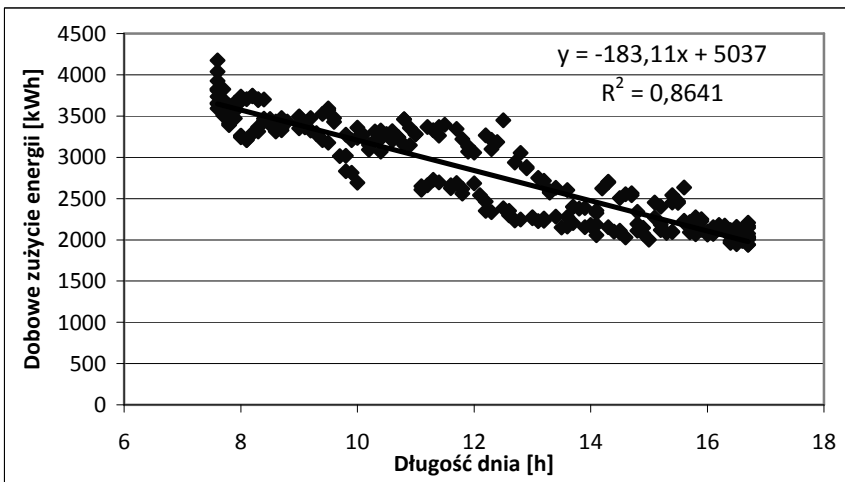
Rys. 1. Miesięczna zmienność współczynnika korelacji między  $A_d$  i  $T_{max}$

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów opracowano liniowe modele zużycia energii elektrycznej w funkcji temperatury maksymalnej i długości dnia w badanych stacjach. Zależności dla stacji nr 54 przedstawiono na rys. 3. i rys. 4.



Źródło: opracowanie własne.

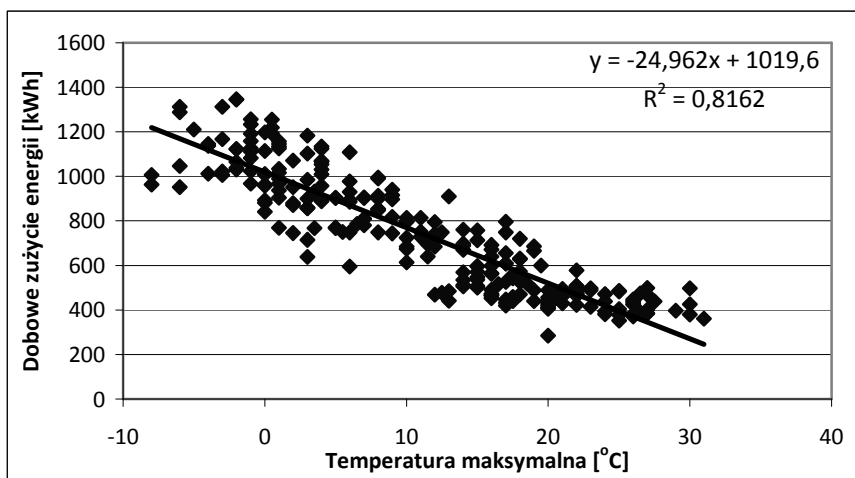
**Rys. 3.** Zużycie energii elektrycznej w zależności od temperatury w stacji nr 54



Źródło: opracowanie własne.

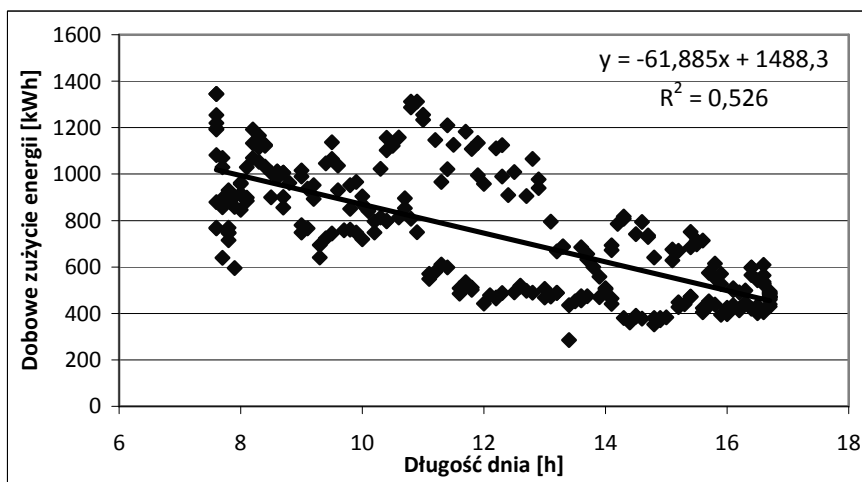
**Rys. 4.** Zużycie energii elektrycznej w zależności od długości dnia w stacji nr 54

Zależności dla stacji nr 1643 przedstawiono na rys. 5. i rys. 6.



Źródło: opracowanie własne.

**Rys. 5.** Zużycie energii elektrycznej w zależności od temperatury w stacji nr 1643



Źródło: opracowanie własne.

**Rys. 6.** Zużycie energii elektrycznej w zależności od długości dnia w stacji nr 1643

Jak wynika z przedstawionych zależności, wartość temperatury otoczenia (zarówno maksymalnej i minimalnej) oraz długości dnia, ma znaczący wpływ na zużycie energii elektrycznej. Wpływ ten jednak jest zależny od charakteru odbiorców zasilanych z danej stacji oraz od pory roku. Występuje wyraźne zróżnicowanie wartości współczynników korelacji między zużyciem energii a badanymi czynnikami w poszczególnych miesiącach. Konstrukcja modeli zużycia energii elektrycznej, w zależności od czynników atmosferycznych, powinna uwzględniać porę roku, rodzaj doby i charakter pracy odbiorników zainstalowanych u odbiorców.

### 3. Podsumowanie

Prognozowanie zużycia energii elektrycznej należy do kluczowych zadań, które powinny być realizowane na etapie planowania przez spółki dystrybucyjne rozwoju elektroenergetycznych sieci rozdzielczych. Z tego względu, należy korzystać z wszelkich dodatkowych danych wpływających na jakość tych prognoz. Jak wynika z przedstawionych badań, czynniki atmosferyczne mają wpływ na wielkość zużycia energii elektrycznej. Te dodatkowe informacje mogą zostać użyte przy budowie modeli prognostycznych. Można to zrealizować poprzez metody bezpośrednie (czynnik meteorologiczny występuje w modelu) lub pośrednie (czynnik meteorologiczny służy do korekty innych metod).

### Piśmiennictwo

1. Nazarko J. 1993. *Modeling of Electrical Power Distribution Systems*. Białystok Technical University, Białystok.
2. Misiorek A., Weron R., 2005. *Wykorzystanie zmiennych zewnętrznych w celu zwiększenia dokładności prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną*. Konferencja Aktualne Problemy w Elektroenergetyce, APE, Gdańsk 2005.
3. Łyp J., Popławski T., Starczynowska E., 2011. *Kompleksowa analiza wpływu czynników meteorologicznych na zmienność obciążeń Krajowego Systemu Elektroenergetycznego*. Przegląd Elektrotechniczny 2.