

Wpływ weekendów oraz innych dni wolnych od pracy na kształt profili odbiorców końcowych energii elektrycznej

Streszczenie. Artykuł poświęcony jest tematyce rozpoznania i oceny wpływu weekendów oraz innych dni wolnych od pracy na kształt średniego miesięcznego dobowego profilu obciążenia elektroenergetycznego odbiorców. Zawiera on opis sposobu oceny dobowego profilu obciążenia z wykorzystaniem ilościowej oraz jakościowej oceny zmian kształtu wykresu obciążenia. Ponadto w artykule pokrótce przedstawiono opracowane narzędzie pozwalające na przeprowadzenie takiej analizy oraz zaprezentowano uzyskane wyniki badań.

Abstract. This paper is devoted to assessing and evaluating the impact of weekends and other non-working days on the shape of the average monthly daily load profile of various types of electricity consumers. It contains a description that shows how to assess the daily load profile using quantitative and qualitative assessment of changes in the shape of the load graph. In addition, the article briefly presents the developed tool allowing to make such an analysis and presents the obtained research results. (**Impact of weekends and other non-working days on the shape of the load profiles of electricity consumers**)

Słowa kluczowe: kształt dobowego profilu obciążenia odbiorcy energii elektrycznej, dni wolne od pracy, mechanizm DSR.

Keywords: the shape of the daily load profile of electricity consumer, non-working days, DSR mechanism.

Wstęp

Ciągłe i niezawodne funkcjonowanie systemu elektroenergetycznego możliwe jest dzięki bieżącemu równoważeniu zapotrzebowania na energię elektryczną przez energię wytwarzaną w źródłach. Konkurencja w sektorze elektroenergetycznym zmusza dostawców energii do pozyskiwania wiedzy na temat zapotrzebowania na energię elektryczną zarówno w perspektywie krótko, jak i długofalowej, nie tylko w wymiarze ilości, ale również kształtu przebiegu czasowego. Dlatego znajomość kształtu profilu zapotrzebowania odbiorcy na moc/energię elektryczną staje się coraz bardziej istotna w kontekście m.in. efektywnego zarządzania pracą systemu elektroenergetycznego [1,12,25].

Kształt zmienności obciążenia elektroenergetycznego zależy między innymi od charakteru odbioru. Istnieje duża różnorodność modeli odbiorców energii elektrycznej, wśród których wyróżnić można cztery podstawowe grupy. Są to [4]:

- odbiorcy komunalni – o najbardziej powtarzalnych i ustabilizowanych przebiegach poboru mocy, zależnych od pory roku, pory dnia i warunków atmosferycznych np. szkoły, centra handlowe, szpitale, wodociągi, itp.,
- odbiorcy przemysłowi – o bardzo zróżnicowanych przebiegach obciążenia, zależnych od charakteru produkcji oraz systemu pracy, np. zakłady materiałów budowlanych, kopalnie, zakłady hutnicze, itp.,
- odbiorcy rolno-spożywczy – których zapotrzebowanie mocy jest uzależnione charakterem produkcji oraz dostępności surowców, np. piekarnie, mleczarnie, cukrownie, itp.,
- odbiorcy trakcyjni – charakteryzujący się bardzo dużą zmiennością obciążeń, uzależnioną od usytuowania stacji w sieci, a także jej charakteru, np. stacje trakcji tramwajowej, stacje trakcji kolejowej, itp.

Nawet spośród grupy tego samego typu odbiorców wyróżnić można odmienne wzorce profili zużycia energii elektrycznej.

W elektroenergetyce stosuje się pojęcie „wykresów typowych”, które reprezentują zmienność obciążenia w rozpatrywanym okresie. Najczęściej spotka się dobowe wykresy typowe, odnoszące się do całego systemu elektroenergetycznego, jego fragmentu, grupy taryfowej, czy też zakładu przemysłowego lub innego odbiorcy. Poza dobowymi typowymi wykresami obciążenia, spotyka się też

wykresy tygodniowe, miesięczne i roczne. Sporządza się je uśredniając przebiegi dobowe pochodzące z analizowanego okresu czasu. Aby krzywe te możliwie w pełni oddawały rzeczywiste cechy rozpatrywanych przebiegów, istotny jest właściwy wybór reprezentatywnych danych [4,12].

Określenie charakteru profilu obciążenia różnych grup odbiorców pomaga w podejmowaniu decyzji przez uczestników systemów elektroenergetycznych, przewidywaniu zapotrzebowania mocy w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym i tworzeniu modeli prognozowania obciążenia, zarówno krótko, jak i długoterminowych, a w konsekwencji umożliwia sterowanie i planowanie pracy systemów elektroenergetycznych [9,14,18,21]. Na podstawie prognoz sporządza się harmonogramy prac jednostek wytwórczych, przeprowadza ekonomiczny rozdział obciążeń i alokację rezerwy wirującej. Ponadto możliwe jest zaplanowanie transferu energii pomiędzy systemami. Szczegółowe prognozy zapotrzebowania mocy i cen energii elektrycznej dają możliwość zoptymalizowania kontraktów na zakup energii, ofert kierowanych na giełdę energii oraz transakcji zawieranych na rynku bilansującym [9]. Przez długi czas przedsiębiorstwa energetyczne wykorzystywały profile obciążeń jako środek ułatwiający formułowanie taryf detalicznych. Obecnie profile wykorzystuje się również podczas wystawienia rachunku konsumentowi indywidualnemu [24]. W oparciu o profile obciążenia wdrożyć można efektywne mechanizmy zarządzania popytem oparte m.in. na właściwym ustaleniu taryf dla odbiorców, identyfikacji i korekcie danych błędnych oraz prognozowaniu zużycia energii elektrycznej [14,24].

W ramach niniejszej publikacji autorzy chcieliby przybliżyć wyniki badań analizy wpływu weekendów oraz innych dni wolnych od pracy na kształt średniego miesięcznego dobowego profilu obciążenia różnych typów odbiorców energii elektrycznej. Prezentowane w publikacji wyniki badań są efektem przygotowanej przez autora pracy dyplomowej [12], w ramach której przygotowano zostało odpowiednie narzędzie, które następnie wykorzystano do przeprowadzenia analizy szeregu danych poboru mocy różnych odbiorców energii elektrycznej.

Przegląd literatury

W oparciu o dokonany przegląd literatury stwierdza się, że brak jest pozycji literaturowych opisujących wyniki oraz

metodologię badań nad wpływem weekendów oraz dni wolnych od pracy na kształt średniego miesięcznego dobowego profilu obciążenia. Jediną pracą, w której przeprowadzono badania związane z odmiennością kształtu profili obciążenia w dni wolne od pracy była rozprawa doktorska zamieszczona pod pozycją [19]. Poświęcona jest ona zagadnieniom profilowania odbiorców zaliczanych do grupy gospodarstw domowych. Autor opisuje szereg metod profilowania, dokonuje klasyfikacji analizowanych odbiorców metodą klastrowania na 10 grup i każdą z nich szczegółowo opisuje. W opisach tych zwraca uwagę na odmienność kształtu profili dni roboczych i dni wolnych od pracy. Oceny tej jednak dokonuje tylko na podstawie wartości obciążenia średniego oraz odchylenia standardowego oraz w sposób jakościowy – porównując kształty uzyskanych profili.

Wielu autorów poświęca uwagę problematyce profilowania obciążeń elektroenergetycznych różnych grup odbiorców energii elektrycznej. Część autorów skupia swoją uwagę na ocenie korelacji kształtu profili i różnych zjawisk np. meteorologicznych [2,10], inni podejmują próby wyodrębnienia nowych grup odbiorców z wykorzystaniem dostępnych miar statystycznych [1], jeszcze inni poświęcają się zagadnieniom prognozowania profili obciążeń [5,7,8] i klasyfikacji profili obciążeń [23].

Innym przykładem zainteresowań różnych autorów tematyką profili obciążenia jest praca [17]. Autor podejmuje w niej tematykę wykorzystania profili obciążeń do bilansowania zapotrzebowania godzinowego energii elektrycznej przez odbiorców. Przedstawił w pracy metodę wyznaczania kosztów bilansowania odbiorcy w przypadku, gdy nie posiada on układu rozliczeniowo-pomiarowego, który rejestruje wartości godzinowe pobranej mocy. W tym celu wyznaczył profil zapotrzebowania godzinowego odbiorcy oraz wyliczył na jego podstawie deklarowane ilości dostaw energii. Dalej wyznaczył ilość energii bilansującej w poszczególnych godzinach rozpatrywanego okresu czasu, co stanowiło podstawę do wyliczenia kosztu bilansowania.

Autorzy większości prac przy tworzeniu baz danych średnich miesięcznych dobowych profili obciążenia zaznaczają, iż wykorzystywany do badań zbiór danych pomija weekendy oraz inne dni wolne od pracy, gdyż zniekształcają one kształt takiego profilu, jednakże nie dokonują oni próby oceny wpływu wyeliminowanych dni na przebieg takiego profilu.

Ocena dobowego profilu obciążenia elektroenergetycznego

Podczas badania zmienności zapotrzebowania na moc oraz energię elektryczną wykreśla się krzywe obciążenia w funkcji czasu, zarejestrowane w okresach doby, tygodnia, miesiąca, sezonu czy też roku [11,20]. Na podstawie tych krzywych tworzy się profile obciążenia, będące uśrednionymi godzinowymi obciążeniami elektrycznymi, które mogą być poddawane ocenie jakościowej, opartej na porównywaniu ze sobą uzyskanych wykresów. Porównaniu można poddać profile obciążenia poszczególnych odbiorców, profile różnych odbiorców i przedsiębiorstwa dystrybucyjnego, a także profile obciążenia jednego odbiorcy, ale w różnych okresach czasu [3].

Oprócz jakościowej oceny wykresów obciążenia odbiorcy, dokonuje się również ilościowej analizy z wykorzystaniem odpowiednio zdefiniowanych wskaźników zmienności. Wśród nich wymienić można klasyczne wskaźniki stosowane od wielu lat w elektroenergetyce, np. współczynnik wypełnienia przebiegu i współczynnik równomierności obciążenia. Wyznacza się je nie tylko w odniesieniu do profili dobowych, ale także tygodniowych, miesięcznych i rocznych [3].

Obecnie wykorzystuje się również miary statystyczne, takie jak: wariancja i odchylenie standardowe, będące miarą rozrzutu, a także korzysta się ze wskaźników zaczerpniętych z innych dziedzin, np. ekonometrii (współczynnik zmienności), medycyny (wskaźnik zmienności przebiegu $rMSSD$) [13].

Na podstawie wartości wyznaczonych parametrów dokonuje się klasyfikacji odbiorców do określonych grup. Krzywe obciążenia uznaje się za podobne, gdy wartości wskaźników różnych odbiorców są do siebie zbliżone [12].

W artykule opisane zostały wybrane wskaźniki matematyczne oraz miary statystyczne wykorzystywane do opisu zmienności profili obciążenia [12].

Z przebiegu dobowego wykresu chronologicznego odczytać można wartości kilku podstawowych parametrów [16]:

- dobowego obciążenia średniego – $P_{d\text{sr}}$,
- dobowego obciążenia szczytowego – $P_{d\text{max}}$,
- dobowego obciążenia podstawowego – $P_{d\text{min}}$.

Dobowa moc obciążenia podstawowego $P_{d\text{min}}$ to najmniejsza wartość pobranej mocy, zarejestrowana w danej dobie. Dobowa moc szczytowa $P_{d\text{max}}$ jest natomiast największą zarejestrowaną w okresie doby wartością poboru mocy. Obciążenie średnie $P_{d\text{sr}}$ wyznacza się na podstawie danych pozyskanych z okresu doby, korzystając ze wzoru [11]:

$$(1) \quad P_{d\text{sr}} = \frac{E_d}{T_d} = \frac{1}{T_d} \int_0^{T_d} P_d(t) dt = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i$$

gdzie: E_d – energia elektryczna pobrana w ciągu doby, T_d – czas trwania doby, P_i – moc pomierzona dla i -tego przedziału doby, N – liczba przedziałów czasu w ciągu doby.

Wykresy dobowe trwania obciążeń przedstawia się również w postaci zredukowanej (znormalizowanej). Powstają one poprzez podzielenie współrzędnych wykresu przez wartość największą (szczytową) występującą na danej osi wykresu. Można dokonywać redukcji jednostronnej (wówczas redukcji poddaje się tylko wykresy na osi rzędnych) lub dwustronnej (gdy redukcji poddaje się wykresy na obu osiach - rzędnych i odciętych) [11]. Ten sposób graficznej prezentacji danych zapotrzebowania mocy zwiększa zdecydowanie czytelność przedstawianych danych, ponieważ przyjmują one wartości z przedziału [0-1], ponadto umożliwią porównanie ze sobą kształtu wykresów obciążeń odbiorców charakteryzujących się odmiennymi poziomami pobieranej mocy.

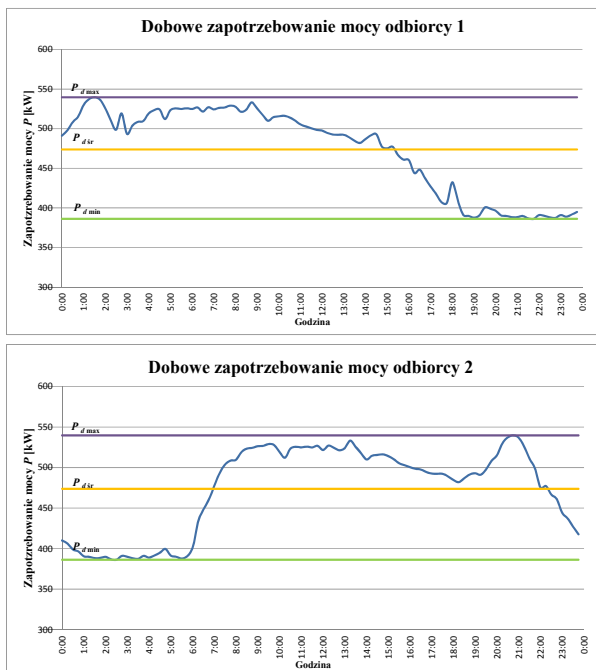
Parametry takie jak: wartość obciążenia podstawowego, wartość obciążenia średniego oraz wartość obciążenia szczytowego, nie opisują wystarczająco dokładnie krzywej poboru mocy danego odbiorcy. Nawet w przypadku takich samych, bądź zbliżonych wartości tych parametrów, kształt przebiegu obciążenia dwóch różnych odbiorców może być całkowicie odmienny [13]. Dla przykładu, na rysunku 1 przedstawiono dwa wykresy zapotrzebowania mocy dwóch różnych odbiorców. Mimo zbliżonych wartości $P_{d\text{min}}$, $P_{d\text{max}}$ i $P_{d\text{sr}}$ ich charakterystyki odbioru są zdecydowanie inne.

Do analizy krzywych zapotrzebowania mocy wykorzystuje się szereg dodatkowych wskaźników elektroenergetycznych. Ponieważ sprowadzają one poziomy mocy do wartości względnych, umożliwiają porównywanie ze sobą wykresów obciążenia odbiorców różniących się poziomem pobieranej mocy. Wielkościami odniesienia mogą być: moc średnia $P_{d\text{sr}}$, moc szczytowa $P_{d\text{max}}$ lub moc zainstalowana P_i . Wyróżnia się więc trzy grupy wskaźników zwanych również stopniami [11,12]:

- wskaźniki odniesione do obciążenia średniego - dobowe stopnie wyrównania: chwilowy $l_d(t)$, podstawowy $l_{d\text{min}}$, średni $l_{d\text{sr}}$, szczytowy $l_{d\text{max}}$;

- wskaźniki odniesione do obciążenia szczytowego - dobowe stopnie obciążenia: chwilowy $m_d(t)$, podstawowy $m_{d\min}$, średni $m_{d\text{sr}}$, szczytowy $m_{d\max}$;
- wskaźniki odniesione do mocy zainstalowanej - dobowe stopnie wyzyskania: chwilowy $n_d(t)$, podstawowy $n_{d\min}$, średni $n_{d\text{sr}}$, szczytowy $n_{d\max}$.

W tabeli 1 zamieszczono wskaźniki opisujące dobowy wykres chronologiczny obciążeń uwzględniający wyżej wymieniony podział. Ze względu na brak możliwości gromadzenia przez dostępne rejestrogramy informacji o mocy zainstalowanej, ostatnia kolumna wskaźników z praktycznego punktu widzenia jest mało użyteczna.



Rys.1. Dobowy przebieg obciążenia dwóch różnych odbiorców o zbliżonych wartościach $P_{d\min}$, $P_{d\max}$ i $P_{d\text{sr}}$ [12]

Tab. 1. Wskaźniki charakteryzujące dobowy wykres obciążenia [12]

Wielkość podstawowa		Grupa wskaźników		
		stopień wyrównania	stopień obciążenia	stopień wyzyskania
		Wielkość odniesienia		
		obciążenie średnie $P_{d\text{sr}}$	obciążenie szczytowe $P_{d\max}$	moc zainstalowana P_i
obciążenie chwilowe	P_{di}	$l_{di} = \frac{P_{di}}{P_{d\text{sr}}}$	$m_{di} = \frac{P_{di}}{P_{d\max}}$	$n_{di} = \frac{P_{di}}{P_i}$
obciążenie podstawowe	$P_{d\min}$	$l_{d\min} = \frac{P_{d\min}}{P_{d\text{sr}}}$	$m_{d\min} = \frac{P_{d\min}}{P_{d\max}}$	$n_{d\min} = \frac{P_{d\min}}{P_i}$
obciążenie średnie	$P_{d\text{sr}}$	$l_{d\text{sr}} = 1$	$m_{d\text{sr}} = \frac{P_{d\text{sr}}}{P_{d\max}}$	$n_{d\text{sr}} = \frac{P_{d\text{sr}}}{P_i}$
obciążenie szczytowe	$P_{d\max}$	$l_{d\max} = \frac{P_{d\max}}{P_{d\text{sr}}}$	$m_{d\max} = 1$	$n_{d\max} = \frac{P_{d\max}}{P_i}$
obciążenie warstwy pośredniej $P_{\text{sr}} - P_{\min}$	$P_{w\text{sr}}$	$l_{w\text{sr}} = \frac{P_{d\text{sr}} - P_{d\min}}{P_{d\text{sr}}}$	$m_{w\text{sr}} = \frac{P_{d\text{sr}} - P_{d\min}}{P_{d\max}}$	$n_{w\text{sr}} = \frac{P_{d\text{sr}} - P_{d\min}}{P_i}$
obciążenie warstwy szczytowej $P_{\max} - P_{\text{sr}}$	$P_{w\max}$	$l_{w\max} = \frac{P_{d\max} - P_{d\text{sr}}}{P_{d\text{sr}}}$	$m_{w\max} = \frac{P_{d\max} - P_{d\text{sr}}}{P_{d\max}}$	$n_{w\max} = \frac{P_{d\max} - P_{d\text{sr}}}{P_i}$

Najczęściej wykorzystywanym wskaźnikiem charakteryzującym kształt profilu obciążenia odbiorcy jest *średni dobowy stopień obciążenia* $m_{d\text{sr}}$, nazywany również *dobowym stopniem wyrównania*. Obliczany jest on jako stosunek średniej do maksymalnej wartości mocy pobranej w czasie doby. Za jego pomocą określa się charakter przebiegu obciążenia odbiorcy energii w konkretnej dobie roku. Wartości współczynnika zawierają się w przedziale (0;1). Im wskaźnik $m_{d\text{sr}}$ przyjmuje wyższe wartości (bliskie jedności), tym odbiorca ma bardziej wyrównany przebieg obciążenia. Niskie wartości wskaźnika świadczą o dużej nierównomierności krzywej dobowego zapotrzebowania na moc i znacznych wahaniami w poborze mocy [25].

Drugim często wykorzystywanym wskaźnikiem służącym do opisu kształtu przebiegu obciążenia odbiorcy jest *dobowy stopień obciążenia podstawowego* $m_{d\min}$, inaczej nazywany *wskaźnikiem nierównomierności poboru mocy* w okresie doby. Obliczany jest on jako stosunek najmniejszej do największej wartości mocy pobranej w ciągu doby. Świadczy on o rozpiętości między najmniejszą a największą wartością poboru mocy w ciągu doby. Opisuje on kształt krzywej obciążenia dobowego i określa poziom jej zmian w ciągu doby. Wartości współczynnika zawierają się w przedziale (0;1). Im większa wartość współczynnika $m_{d\min}$, tym wahania w poborze mocy są mniejsze [13,15].

Kolejnymi ważnymi wskaźnikami do opisu dobowego przebiegu obciążenia są *dobowy stopień wyrównania obciążenia podstawowego* $l_{d\min}$, obliczany jako stosunek najmniejszej do średniej wartości mocy pobranej w ciągu doby, a także *czas użytkowania mocy szczytowej*:

$$(2) \quad T_{d\max} = \frac{E_d}{P_{d\max}} = m_{d\text{sr}} \cdot T_d$$

Czas użytkowania mocy szczytowej za okres doby jest to czas, w którym odbiorca, pobierając moc na poziomie maksymalnej wartości mocy dobowej (mocy szczytowej), wykona pracę dobową [11,15].

Do najczęściej wykorzystywanych wskaźników ze statystyki matematycznej, które najlepiej opisują charakter odbiorców pod kątem poboru mocy należą odchylenie standardowe, wariancja, współczynnik zmienności oraz współczynnik kształtu.

Odchylenie standardowe definiowane jest jako pierwiastek kwadratowy z wariancji i opisywane jest wzorem:

$$(3) \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - P_{\text{sr}})^2}$$

gdzie: P_i – moc chwilowa, P_{sr} – moc średnia w analizowanym okresie czasu (np. w okresie doby), n – ilość mocy chwilowych.

Odchylenie standardowe wyznacza wielkość odchylenia poboru mocy od wartości średniej dla analizowanego okresu czasu. Wskaźnik ten przyjmuje wartości z przedziału $(0; \infty)$. Gdy jego wartość jest bliska zeru, to pobór mocy jest skupiony w pobliżu wartości średniej; inaczej mówiąc, istnieją małe odchylenia od średniej wartości poboru mocy [13,15].

Wariancja definiowana jest jako odchylenie standardowe podniesione do kwadratu:

$$(4) \quad \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - P_{\text{sr}})^2}{n}$$

Wariancja daje informacje o tym, jak duże jest zróżnicowanie wartości chwilowych poboru mocy, czyli jak bardzo są one rozproszone wokół wartości średniej. Im wartość wariancji jest niższa, tym mniejsze jest rozproszenie wyników (przebieg obciążenia jest bardziej wyrównany) [13,15].

Współczynnik zmienności definiowany jest jako stosunek odchylenia standardowego do wartości średniej poboru mocy w analizowanym okresie czasu:

$$(5) \quad v = \frac{\sigma}{P_{\text{sr}}}$$

Współczynnik ten jest miarą względną i zależy od wielkości średniej. Wartości współczynnika zawierają się w przedziale $(0; \infty)$. Najlepiej, gdy przyjmuje on wartości niskie, bliskie zeru, co świadczy o wyrównanym poborze mocy w badanym okresie czasu [13,15].

Współczynnik kształtu szacuje się natomiast dzieląc wartość średniej kwadratowej mocy do wartości średniej mocy zarejestrowanej w badanym okresie czasu [22]:

$$(6) \quad k_f = \frac{P_{\text{sr kwadr}}}{P_{\text{sr}}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P(t)^2 dt}}{\frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt}$$

gdzie: $P_{\text{sr kwadr}}$ – moc średniokwadratowa, obliczana jest ze wzoru:

$$(7) \quad P_{\text{sr kwadr}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2}{n}}$$

Współczynnik ten pozwala na określenie wielkości wahań poboru mocy względem wartości średniej w analizowanym przedziale czasu. Wartości współczynnika zawierają się w przedziale $(1; \infty)$. Im wyższa wartość współczynnika kształtu, tym większe odchylenia od wartości średniej poborów mocy. Jeżeli współczynnik równy jest jedności, wtedy pobór mocy nie zmienia się w całym badanym okresie [13,15].

W celu przeprowadzenia analizy ilościowej profili obciążenia w pracy zdecydowano się na wykorzystanie następujących wskaźników: dobowe obciążenie podstawowe $P_{d \text{ min}}$, maksymalne $P_{d \text{ max}}$ i średnie $P_{d \text{ sr}}$, energia dobowa E_d , dobowy stopień obciążenia podstawowego $m_{d \text{ min}}$, średni dobowy stopień obciążenia $m_{d \text{ sr}}$, czas użytkowania mocy szczytowej $T_{d \text{ max}}$, odchylenie

standardowe σ , wariancja σ^2 , współczynnik zmienności v , współczynnik kształtu k_f .

Wskaźniki te, zdaniem licznych autorów prac, najtrafniej opisują zmiany kształtu profili obciążenia i pozwalają na scharakteryzowanie oraz porównanie różnych grup odbiorców [1,3,6,12,17].

Charakterystyka opracowanego narzędzia

W celu przeprowadzenia badań wpływu weekendów oraz innych dni wolnych od pracy na kształt średniego dobowego profilu obciążenia różnych grup odbiorców energii elektrycznej opracowano narzędzie, w postaci arkusza kalkulacyjnego, które pozwala na dokonanie takiej analizy [12]. Narzędzie to pozwala na przeprowadzenie oceny jakościowej profili obciążeń poprzez porównywanie ze sobą wykreślonych przebiegów wyodrębnionych profili obciążenia oraz na przeprowadzenie analizy ilościowej, która oparta jest na zdefiniowanych w arkuszu wskaźnikach opisujących kształt przebiegu dobowej zmienności obciążenia odbiorców.

Arkusz jest narzędziem uniwersalnym. Dokonuje analizy danych archiwalnych – od 2010 roku i umożliwiała bieżącą pracę z nim do roku 2075. Posiada wbudowany kalendarz, uwzględniający święta ustawowo wolne od pracy. Daje też możliwość ręcznego wpisania dodatkowych dni wolnych, np. w przypadku ustanowienia w przyszłości nowego święta narodowego.

Przygotowane narzędzie wyodrębnia średnie dobowe miesięczne profile obciążenia dla: (1) dni roboczych (od poniedziałku do piątku), (2) dni roboczych (od poniedziałku do soboty), (3) dni wolnych od pracy (soboty, niedziele i święta), (4) dni wolnych od pracy (niedziele i święta), (5) dni poświątecznych, (6) sobót, (7) niedziel, (8) świąt, (9) dni wszystkich.

Na rysunku 2 zaprezentowano zrzut ekranu obrazujący tabelę z wyliczonymi miarami statystycznymi i matematycznymi przykładowego odbiorcy, natomiast na rysunku 3 wykresy wyznaczonych profili obciążenia przykładowego odbiorcy [12].

	$P_{d \text{ min}}$	$P_{d \text{ max}}$	$P_{d \text{ sr}}$	E_d	$m_{d \text{ min}}$	$m_{d \text{ sr}}$	$T_{d \text{ max}}$	σ_d	σ_d^2	v_d	k_f_d	Wskaźnik kształtu
	kW	kW	kW	kWh	-	-	h	kW	kW ²	-	-	-
styczeń	0,55	20,76	11,35	272,30	0,03	0,55	13,11	8,94	79,91	0,79	1,2731	-
lutym	0,76	20,95	11,38	273,13	0,04	0,54	13,04	9,23	85,12	0,81	1,2873	-
marzec	0,89	22,03	11,69	280,50	0,04	0,53	12,73	9,71	94,36	0,83	1,3003	-
kwiecień	0,78	22,74	12,28	294,67	0,03	0,54	12,96	10,21	104,32	0,83	1,3008	-
maj	0,60	22,24	12,32	295,66	0,03	0,55	13,30	9,65	93,04	0,78	1,2701	-
czerwiec	1,52	23,32	13,63	327,24	0,07	0,58	14,03	9,51	90,44	0,70	1,2192	-
lipiec	1,09	24,70	14,05	337,29	0,04	0,57	13,65	10,52	110,60	0,75	1,2490	-
sierpień	0,75	25,36	13,83	331,92	0,03	0,55	13,09	11,43	130,75	0,83	1,2975	-
wrzesień	0,66	23,46	12,15	291,63	0,03	0,52	12,43	10,33	106,62	0,85	1,3123	-
październik	0,79	21,75	11,39	273,38	0,04	0,52	12,57	9,13	83,32	0,80	1,2815	-
listopad	0,71	21,95	11,75	282,01	0,03	0,54	12,85	9,39	88,10	0,80	1,2799	-
grudzień	0,59	19,60	10,41	249,86	0,03	0,53	12,75	8,15	66,35	0,78	1,2697	-

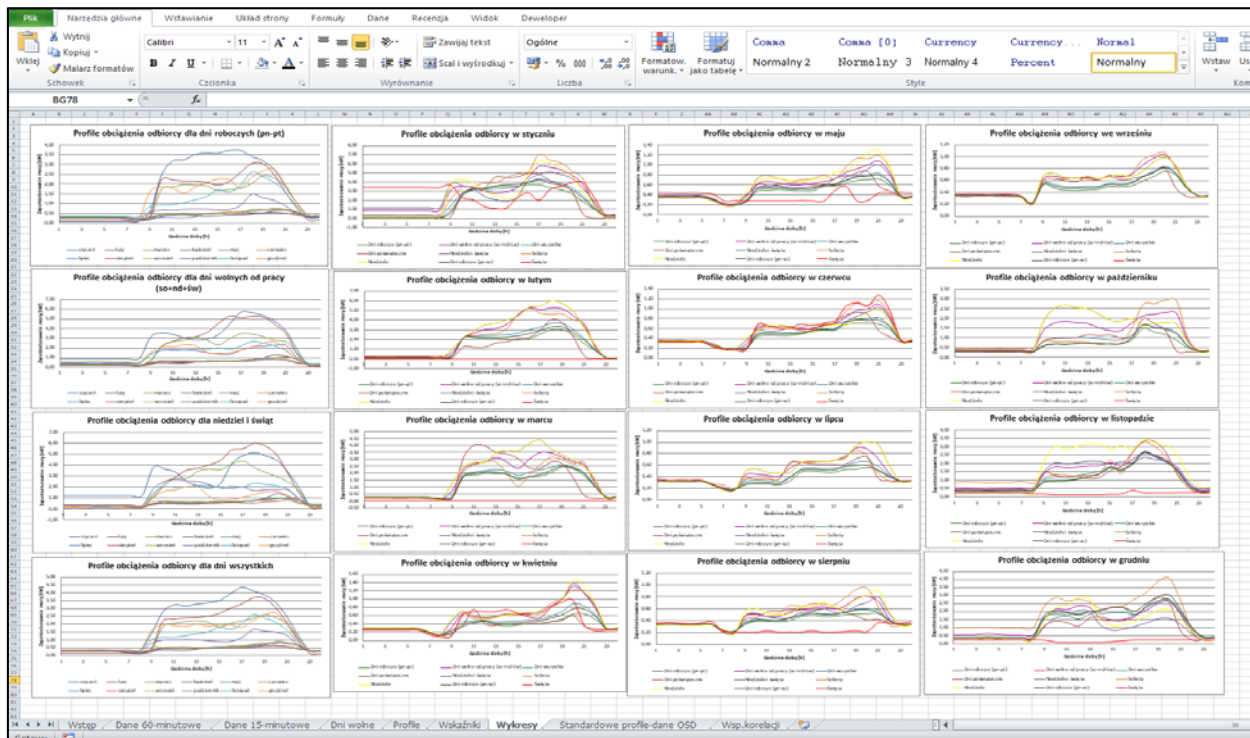
Rys. 2. Zrzut ekranu obrazujący tabelę z wyliczonymi miarami statystycznymi i matematycznymi przykładowego odbiorcy [12]

Wyniki badań

Celem badań było dokonanie szczegółowej analizy wpływu weekendów i dni świątecznych oraz okołoswiątecznych na kształt średniego miesięcznego dobowego profilu obciążenia różnych grup odbiorców energii elektrycznej. Do analizy użyto danych dotyczących poboru mocy czynnej przez odbiorców z lat 2009-2010 [12].

Analizie poddano dane odbiorców takich jak: domy jednorodzinne, apteki, bary i restauracje, hurtownie, hotele, szkoły, kościoły, małe firmy produkcyjne, kioski, budynki opieki zdrowotnej, piekarnie, stacje paliw, garaże, warsztaty, biura, urzędy, sklepy i inne. Przy użyciu arkusza kalkulacyjnego wyodrębniono profile obciążenia dni

roboczych, świątecznych i poświątecznych, a następnie wyznaczono szereg wskaźników zaprezentowanych wcześniej, służących do opisu cech analizowanych profili. W artykule natomiast przedstawiono uzyskane wyniki analizy dla dwóch wybranych odbiorców – odbiorcy indywidualnego oraz restauracji.



Rys. 3. Zrzut ekranu obrazujący wykresy wyznaczonych profili obciążenia przykładowego odbiorcy [12]

Tabela 2. Zestawienie wskaźników dla przykładowego miesiąca kwietnia [12]

Wskaźnik	Symbol	Jednostka	Dni robocze (pn-pt)	Dni robocze (pn-so)	Dni wolne od pracy (so+nd+św)	Dni wolne od pracy (nd+św)	Dni poświęczone	Soboty	Niedziele	Święta	Dni wszystkie
Dobowe obciążenie podstawowe	$P_{d\ min}$	kW	0,48	0,52	0,51	0,36	0,35	0,71	0,35	0,30	0,49
Dobowe obciążenie szczytowe	$P_{d\ max}$	kW	5,38	5,37	6,18	6,17	5,16	6,19	5,84	7,51	5,50
Dobowe obciążenie średnie	$P_{d\ \bar{s}}$	kW	2,25	2,28	2,25	2,10	2,24	2,44	2,07	2,25	2,25
Energia dobowa	E_d	kWh	54,04	54,75	54,02	50,48	53,72	58,46	49,59	54,05	54,04
Dobowy stopień obciążenia podstawowego	$m_{d\ min}$	-	0,09	0,10	0,08	0,06	0,07	0,12	0,06	0,04	0,09
Średni dobowy stopień obciążenia	$m_{d\ \bar{s}}$	-	0,42	0,42	0,36	0,34	0,43	0,39	0,35	0,30	0,41
Czas użytkowania mocy szczytowej	$T_{d\ max}$	h	10,05	10,20	8,74	8,18	10,41	9,44	8,50	7,20	9,82
Odchylenie standardowe	σ_d	kW	1,46	1,41	1,34	1,51	1,51	1,31	1,41	1,99	1,38
Wariancja	σ_d^2	kW ²	2,14	1,99	1,80	2,28	2,29	1,71	1,99	3,95	1,91
Współczynnik zmienności	v_d	-	0,65	0,62	0,60	0,72	0,68	0,54	0,68	0,88	0,61
Współczynnik kształtu	k_{fd}	-	1,19	1,18	1,16	1,23	1,21	1,14	1,21	1,33	1,17

Odbiorca indywidualny

W tabeli 2 zaprezentowano zestawienie wyliczonych wskaźników dla przykładowego miesiąca (kwietnia).

Porównując wartości wskaźników wyliczonych dla wyodrębnionych profili zauważyć można, że wartości godzinowego obciążenia minimalnego $P_{d\ min}$, maksymalnego $P_{d\ max}$ i średniego $P_{d\ \bar{s}}$ są w każdej grupie porównywalne (nieco wyższe dla dni wolnych od pracy – szczególnie sobót).

Bardzo niskie wartości dobowego stopnia obciążenia podstawowego $m_{d\ min}$ wskazują na dużą nierównomierność przebiegu profili w każdej z grup dla wszystkich miesięcy. Niskie wartości średniego dobowego stopnia obciążenia $m_{d\ \bar{s}}$ oraz czasu użytkowania mocy szczytowej $T_{d\ max}$ sugerują na najmniej wyrównane profile niedziel i dni świątecznych. Potwierdzają to również najwyższe spośród wszystkich wartości współczynnika zmienności v ,

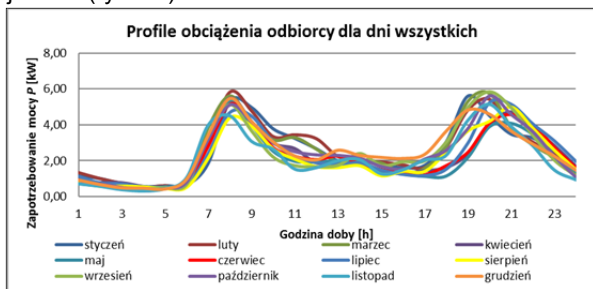
współczynnika kształtu k_{fd} oraz odchylenia standardowego σ wyliczone dla tych profili.

Zmiany kształtu średnich miesięcznych dobowych profili obciążenia z miesiąca na miesiąc przedstawiono na rysunkach 4-6. Dodatkowo na rysunku 7 pokazano profile jednego wybranego miesiąca z uwzględnieniem charakterystycznych danych. Zauważyć można, że kształt tych profili jest zbliżony.

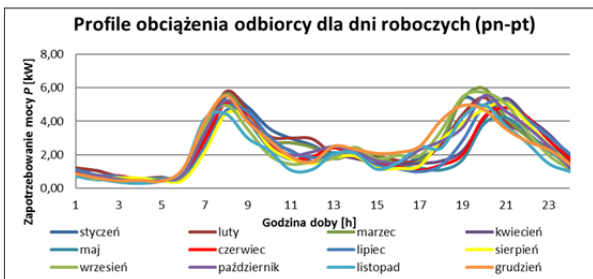
Restauracja

W tabeli 3 zaprezentowano zestawienie wyliczonych wskaźników dla przykładowego miesiąca (września).

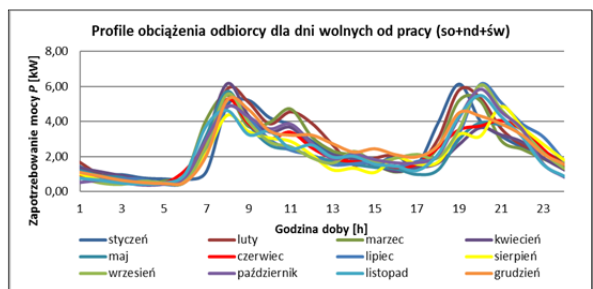
W dni robocze restauracja pracuje krócej niż w weekendy, co widać na przebiegach zamieszczonych na rysunkach 8-11. W dni poświęczone zużycie energii jest najniższe (rys. 11).



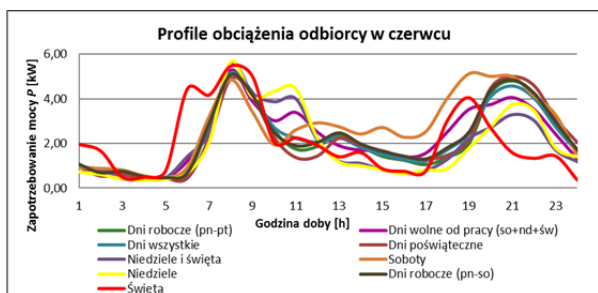
Rys. 4. Przebiegi profili obciążenia dni wszystkich odbiorcy indywidualnego [12]



Rys. 5. Przebiegi profili obciążenia dni roboczych odbiorcy indywidualnego [12]



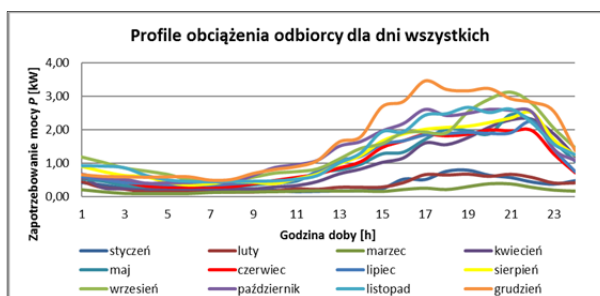
Rys. 6. Przebiegi profili obciążenia dni wolnych od pracy odbiorcy indywidualnego [12]



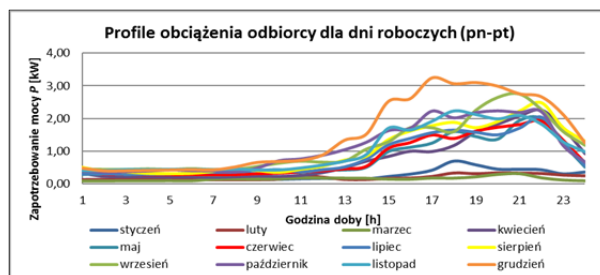
Rys. 7. Przebiegi średnich miesięcznych dobowych profili obciążenia w czerwcu odbiorcy indywidualnego [12]

Na podstawie wyliczonych wskaźników sformułować można następujące spostrzeżenia. Wartości godzinowego obciążenia minimalnego, maksymalnego i średniego są zdecydowanie wyższe w weekendy i święta. Dla przykładu, we wrześniu wartości tych parametrów dla profili niedzielnych wyniosły: $P_{d\min} = 0,47$ kW, $P_{d\max} = 4,01$ kW i $P_{d\text{śr}} = 2,20$ kW, a dla profili dni roboczych odpowiednio osiągały wartości: $P_{d\min} = 0,45$ kW, $P_{d\max} = 2,75$ kW i $P_{d\text{śr}} = 1,13$ kW. Odbiorca największe ilości energii zużywa w dni wolne od pracy (soboty, niedziele i święta), a najmniejsze w dni poświęczone, co prezentują przebiegi profili wybranego miesiąca zamieszczone na rysunku 12.

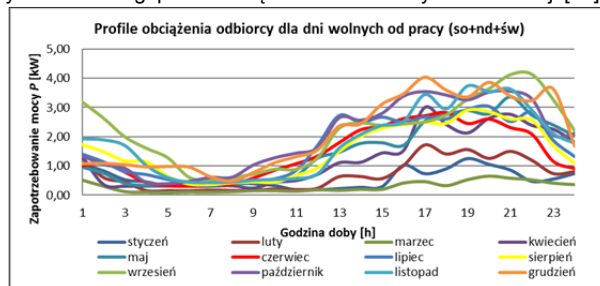
Mniejszymi wahaniami godzinowych obciążeń, a tym samym mniejszą nierównomiernością przebiegu profili odbiorca ten charakteryzował się w dni wolne od pracy, kiedy to średni dobowy stopień obciążenia przyjmował dla tych profili najwyższą wartość ($m_{d\text{śr}} = 0,41 - 0,55$) oraz w dni poświęczone ($m_{d\text{śr}} = 0,42 - 0,71$).



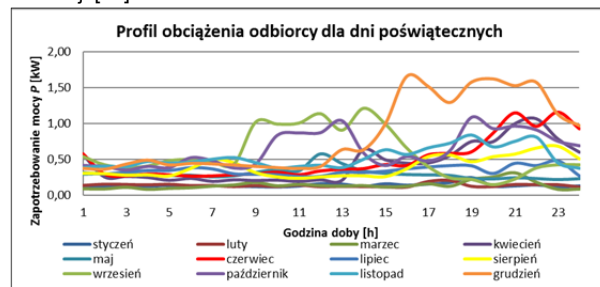
Rys. 8. Przebiegi profili obciążenia dni wszystkich restauracji [12]



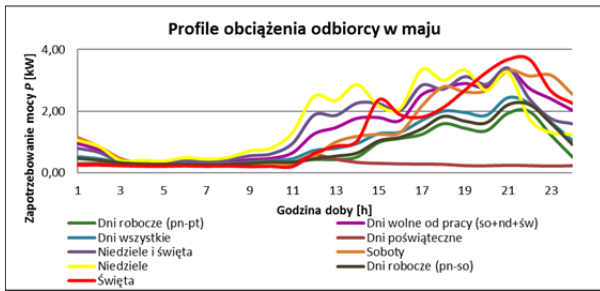
Rys. 9. Przebiegi profili obciążenia dni roboczych restauracji [12]



Rys. 10. Przebiegi profili obciążenia dni wolnych od pracy restauracji [12]



Rys. 11. Przebiegi profili obciążenia dni poświęczone restauracji [12]



Rys.12. Przebiegi średnich miesięcznych dobowych profili obciążenia w maju restauracji [12]

Świadczą o tym również najwyższe wartości czasu użytkowania mocy szczytowej ($T_{d\max} = 10,10 - 17,07$ h w dni poświęczone i $T_{d\max} = 9,78 - 13,31$ h w dni wolne od pracy). Małe wahania godzinowych poborów mocy względem wartości średniej potwierdzają również niskie wartości współczynnika kształtu k_{fd} oraz współczynnika zmienności v świadczące o tym, że wartości godzinowych obciążeń odbiorcy najmniej odbiegały od wartości średniej $P_{d\text{śr}}$.

Mimo największej równomierności przebiegu profili w dni wolne od pracy, zauważa się jednocześnie w te dni największą rozpiętość między najmniejszym a największym godzinowym obciążeniem w profilu (dobowy stopień obciążenia podstawowego $m_{d\min}$, osiąga najmniejsze wartości $m_{d\text{śr}} = 0,08 - 0,14$).

Tabela 3. Zestawienie wskaźników dla przykładowego miesiąca września [12]

Wskaźnik	Symbol	Jednostka	Dni robocze (pn-pt)	Dni robocze (pn-so)	Dni wolne od pracy (so+nd+św)	Dni wolne od pracy (nd+św)	Dni poświęczone	Soboty	Niedziele	Święta	Dni wszystkie
Dobowe obciążenie podstawowe	$P_{d\min}$	kW	0,45	0,46	0,51	0,47	0,15	0,54	0,47	0,00	0,46
Dobowe obciążenie szczytowe	$P_{d\max}$	kW	2,75	3,01	4,13	4,01	1,22	5,03	4,01	0,00	3,12
Dobowe obciążenie średnie	$P_{d\text{śr}}$	kW	1,13	1,28	2,15	2,20	0,59	2,10	2,20	0,00	1,40
Energia dobową	E_d	kWh	27,04	30,62	51,53	52,72	14,09	50,34	52,72	0,00	33,57
Dobowy stopień obciążenia podstawowego	$m_{d\min}$	-	0,16	0,15	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,00	0,15
Średni dobowy stopień obciążenia	$m_{d\text{śr}}$	-	0,41	0,42	0,52	0,55	0,48	0,42	0,55	0,00	0,45
Czas użytkowania mocy szczytowej	$T_{d\max}$	H	9,82	10,18	12,47	13,14	11,59	10,01	13,14	0,00	10,77
Odchylenie standardowe	σ_d	kW	0,75	0,82	1,11	1,17	0,31	1,36	1,17	0,00	0,81
Wariancja	σ_d^2	kW ²	0,56	0,66	1,22	1,36	0,10	1,84	1,36	0,00	0,65
Współczynnik zmienności	v_d	-	0,67	0,64	0,51	0,53	0,53	0,65	0,53	0,00	0,58
Współczynnik kształtu	k_{fd}	-	1,20	1,19	1,12	1,13	1,13	1,19	1,13	0,00	1,15

W wyniku przeprowadzonych analiz dla licznej grupy odbiorców można stwierdzić, iż weekendy oraz dni wolne od pracy wpływają na kształt średniego miesięcznego profilu obciążenia – w niektórych przypadkach w znacznym stopniu, np. szkoły, piekarnie, obiekty gastronomiczne, niewielkie zakłady produkcyjne i usługowe; w innych przypadkach wpływ ten jest zdecydowanie mniejszy, np. stacje benzynowe, oświetlenie klatek schodowych, większość odbiorców indywidualnych. Zdaniem autorów pracy wydzielenie profili weekendów oraz dni wolnych od pracy może być przydatne przykładowo w zadaniu zarządzania popytem na energię elektryczną (DSR, ang. Demand Side Response).

Przeprowadzone przez autorów pracy badania wykazały, iż właściwe dopasowanie profilu obciążenia odbiorcy do standardowego profilu zużycia energii elektrycznej pozwala odbiorcy na zakup energii elektrycznej po bardziej konkurencyjnej cenie, dzięki właściwemu wyborowi taryfy. Jako miarę efektywnego przydzielenia poszczególnych odbiorców do danej grupy standardowych profili obciążenia wykorzystano współczynnik korelacji, obrazujący siłę współzależności dwóch zmiennych. Najbardziej popularnym miernikiem jest współczynnik korelacji liniowej Pearsona przyjmujący wartości z przedziału [-1, 1]. Znak współczynnika informuje o kierunku korelacji (dodatnia lub ujemna), natomiast jego bezwzględna wartość o sile związku.

Przeprowadzone przez autorów pracy badania zaprezentowano w artykule na przykładzie odbiorcy indywidualnego. Odbiorca indywidualny zaliczany do grupy gospodarstw domowych rozlicza się za energię elektryczną według grup taryfowych G. W analizie uwzględniono trzy taryfy: G11, G12 oraz G12w. W tabeli 4 przedstawiono wartości wyliczonego współczynnika korelacji pomiędzy wydzielonymi profilami obciążenia oraz standardowymi profilami zużycia energii publikowanymi przez OSD. Aby wyodrębnić profile obciążenia dni roboczych i świątecznych miało uzasadnienie, współczynnik korelacji w

poszczególnych grupach (niedziele i święta, soboty oraz dni robocze) powinien przyjmować wyższe wartości niż dla grupy - dni wszystkie. Analiza wartości współczynnika korelacji pozwala od razu odrzucić taryfę G12 (wartości są niskie, niekiedy ujemne). Dla pozostałych dwóch taryf wartości te są zbliżone. Przyglądając się jednak tym wartościom z miesiąca na miesiąc, zauważyć można, że wartości współczynnika korelacji dla dni wolnych od pracy (szczególnie dla sobót) są wyższe w przypadku taryfy G12w. Ponadto w taryfie tej wartości współczynnika liczone dla profili dni wszystkich są niższe niż dla profili dni roboczych, a także w znacznej większości dla profili sobót. Odbiorca powinien więc być przydzielony do taryfy G12w. Wyodrębnienie profili dni świątecznych i sobót ułatwiło w tym przypadku właściwe dopasowanie taryfy do odbiorcy.

Oszczędności wynikające z wyboru taryfy G12w w porównaniu z taryfą G11 wynoszą średniorocznie 21,45%. Do obliczeń wykorzystano przykładowy cennik energii elektrycznej OSD i uwzględniono jedynie koszty poniesione za użytą energię czynną, bez uwzględnienia opłat za dystrybucję energii.

Podsumowanie

Weekendy oraz inne dni wolne od pracy bardzo często zniekształcają kształt miesięcznego dobowego profilu obciążenia. Przygotowane przez autorów narzędzie pozwala zweryfikować, w jakim stopniu kształt profilu się zmienia i czy zmiany te mogłyby wpłynąć na prawidłowe przydzielenie danego odbiorcy do pasującej do niego grupy standardowych profili obciążenia. Ponadto za jego pomocą możliwe jest efektywne dopasowywanie taryfy do odbiorcy, co stanowi jedną z metod sterowania zużyciem energii elektrycznej. Przeprowadzone przez autorów pracy badania wykazały, iż w wielu przypadkach właściwy wybór taryfy możliwy był tylko dzięki odrębnej analizie profili dni wolnych od pracy i dni roboczych.

Tabela 4. Współczynnik korelacji pomiędzy wydzielonymi profilami obciążenia odbiorcy indywidualnego oraz standardowymi profilami zużycia energii publikowanymi przez OSD [12]

Miesiąc	Rodzaj danych	Taryfa		
		G11	G12	G12w
styczeń	niedziele i święta	0,4189	-0,1207	0,4398
	soboty	0,6867	0,3038	0,7077
	dni robocze	0,6948	0,1437	0,6608
	dni wszystkie	0,6664	0,1134	0,6366
luty	niedziele i święta	0,5004	-0,0570	0,5567
	soboty	0,7226	0,1882	0,7445
	dni robocze	0,7174	0,0472	0,6872
	dni wszystkie	0,6953	0,0263	0,6756
marzec	niedziele i święta	0,4878	0,0580	0,5940
	soboty	0,7574	0,3415	0,8438
	dni robocze	0,7970	0,2710	0,8071
	dni wszystkie	0,7558	0,2316	0,7937
kwiecień	niedziele i święta	0,4788	0,2265	0,5766
	soboty	0,4946	0,2804	0,5193
	dni robocze	0,7490	0,5591	0,7682
	dni wszystkie	0,6855	0,4633	0,7138
maj	niedziele i święta	0,3862	0,2939	0,4127
	soboty	0,5782	0,5158	0,5847
	dni robocze	0,6896	0,5928	0,6802
	dni wszystkie	0,6302	0,5321	0,6233
czerwiec	niedziele i święta	0,4212	0,3018	0,4417
	soboty	0,6880	0,5889	0,7359
	dni robocze	0,6845	0,5952	0,6899
	dni wszystkie	0,6722	0,5673	0,6793
lipiec	niedziele i święta	0,5228	0,4569	0,5015
	soboty	0,5565	0,4416	0,5747
	dni robocze	0,6684	0,5855	0,6233
	dni wszystkie	0,6492	0,5638	0,6140
sierpień	niedziele i święta	0,5601	0,4726	0,5398
	soboty	0,6580	0,5696	0,6634
	dni robocze	0,7543	0,6673	0,6747
	dni wszystkie	0,7266	0,6410	0,6795
wrzesień	niedziele i święta	0,4506	0,3667	0,4257
	soboty	0,8185	0,7818	0,8433
	dni robocze	0,8489	0,7704	0,8085
	dni wszystkie	0,8182	0,7382	0,7956
październik	niedziele i święta	0,6353	0,4329	0,5985
	soboty	0,7622	0,5798	0,7642
	dni robocze	0,8505	0,6827	0,8219
	dni wszystkie	0,8261	0,6368	0,7947
listopad	niedziele i święta	0,5220	0,1844	0,4340
	soboty	0,6086	0,3695	0,5753
	dni robocze	0,7415	0,4556	0,6915
	dni wszystkie	0,6922	0,3784	0,6311
grudzień	niedziele i święta	0,5238	0,1142	0,4558
	soboty	0,7555	0,5578	0,7627
	dni robocze	0,7599	0,3729	0,7050
	dni wszystkie	0,7376	0,3363	0,6837

Autorzy: dr inż. Marta Kolasa, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Instytut Inżynierii Elektrycznej, al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, e-mail: marta.kolasa@utp.edu.pl; mgr inż. Natalia Hoppe-Maliszewska, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doskonalenia i Doskonalenia Zawodowego w Bydgoszczy, ul. Rajską 1, 85-845 Bydgoszcz, e-mail: nataliahoppe@gmail.com

LITERATURA

[1] Banasiak P., Gorczyca-Goraj A., Przygodzki M., Analiza grafików obciążeń wybranego segmentu odbiorców niskiego napięcia, *Energetyka*, Oficyna Wydawnicza Energia, 1 (2017), 23-27

[2] Białek P., Frąckowiak R., Gałan T., Grafiki obciążenia elektrycznego profilu standardowych dla odbiorców zaliczanych do grupy gospodarstw domowych, *Poznan University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering*, 94 (2018), 99-110

[3] Bieliński W., Regularne i fluktuacyjne zmiany kształtu dobowych profili obciążenia elektroenergetycznego wybranych odbiorców energii elektrycznej zasilanych z sieci nN, *XVI Scientific Conference Computer Applications in Electrical Engineering*, (2011), 95-96

[4] Bieliński W., Typowe wykresy obciążeń elektroenergetycznych wybranych obiektów, *Materiały V Konferencji Naukowo-Technicznej „Rynek energii elektrycznej: restrukturyzacja elektroenergetyki polskiej - oczekiwania i efekty”*, (1998), 307-314.

[5] Chae Y. T., Horesh R., Hwang Y., Lee Y. M., Artificial neural network model for forecasting sub-hourly electricity usage in commercial buildings, *Energy and Buildings*, 111 (2016), 184-194.

[6] Chojnacki A. Ł., Analiza dobowej, tygodniowej i rocznej zmienności obciążeń elektroenergetycznych w sieciach zasilających odbiorców komunalnych oraz przemysłowych, *Przegląd Elektrotechniczny*, 94 (2018), nr 6, 56-61.

[7] Ciechulski T., Osowski S., Badanie jakości predykcji obciążeń elektroenergetycznych za pomocą sieci neuronowych SVM, RBF i MLP, *Przegląd Elektrotechniczny*, 8 (2014), 148-151.

[8] Ciechulski T., Osowski S., Zastosowanie sieci neuronowych Kohonena do prognozowania obciążeń elektroenergetycznych, *Przegląd Elektrotechniczny*, 92 (2016), nr 10, 209-213.

[9] Dudek G., Analiza modelu krótkoterminowego prognozowania obciążeń systemów elektroenergetycznych opartego na klasteryzacji rozmytej, *Badania Operacyjne i decyzyjne*, 2 (2007), 15-35.

[10] Frąckowiak R., Gałan T., Profile standardowe PTPIREE odbiorców taryfy G w świetle badań obciążenia elektrycznego odbiorców indywidualnych, *Rynek Energii*, 4 (2012), 3-12.

[11] Góra S., Gospodarka elektroenergetyczna w przemyśle, PWN, Warszawa, 1982

[12] Hoppe-Maliszewka N., Analiza wpływu weekendów oraz innych dni wolnych od pracy na kształt średniego miesięcznego dobowego profilu obciążenia różnych typów odbiorców energii elektrycznej, Praca dyplomowa magisterska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, 2019.

[13] Hoppe-Maliszewka N., Arkusz kalkulacyjny do wyznaczania wskaźników charakteryzujących procesy zapotrzebowania mocy przez odbiorców, Praca dyplomowa inżynierska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, 2016.

[14] Kai-le Zhou, Shan-lin Yang, Chao Shen, A review of electric load classification in smart grid environment, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24 (2013), 103-110.

[15] Kiciński R., Analiza przydatności różnych rodzajów wskaźników i wykresów do oceny zmienności zapotrzebowania mocy przez odbiorców o różnym charakterze, Praca dyplomowa magisterska, Akademia Techniczno – Rolnicza w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 2003.

[16] Kopecki K., Dobrzańska I. i inni, Analiza i prognoza obciążeń elektroenergetycznych, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1971.

[17] Majka K., Bilansowanie zapotrzebowania godzinowego energii elektrycznej przez odbiorców z wykorzystaniem profili obciążeń, *Energetyka*, Oficyna Wydawnicza Energia, 6 (2006), 410-415.

[18] Marzecki J., Pawlicki B., Kształtowanie obciążeń u odbiorców końcowych w oparciu o częstotliwość napięcia zasilającego, *Przegląd Elektrotechniczny*, 90 (2014), nr 1, 182-185.

[19] McLoughlin F., Characterising Domestic Electricity Demand for Customer Load Profile Segmentation, praca doktorska, Dublin Institute of Technology, 2013.

[20] Mejro C., Podstawy gospodarki energetycznej, PWN, Warszawa, 1980.

[21] Rajakovic N., Shiljkut V. M., Load Profiles and Peak Loads Growth in Typical Consumption Areas – Possibilities of Their Recording by Remote Metering System, *7th Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion*, (2010), 1-10.

[22] Trojanowska M., Analiza zapotrzebowania na moc i energię elektryczną w zakładzie mleczarskim, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 55 (2010), nr 2 (113), 113-116.

[23] Valero S., Ortiz M., Senabre C., Application of self-organizing maps for classification and filtering of electrical customer load patterns, *International Journal of Power and Energy Systems*, 2008.

[24] Zakaria Z., Othman M. N., Sohod M. H., Consumer load profiling using fuzzy clustering and statistical approach, *4th Student Conference on Research and Development*, (2006), 270-274.

[25] Zalewski W., Wpływ czynników atmosferycznych na zmienność zużycia energii elektrycznej, *Economy and Management*, 4 (2011), 195-202