

The Demand Side Response to Multi-zone Tariffs. Consumer Test Results

Authors

Adam Olszewski
Mieczysław Wrocławski

Keywords

smart energy networks, DSR/DSM programs, client, AMI, Smart Metering, Smart Grid, Energa, energy efficiency

Abstract

Advanced Metering Infrastructure (AMI) is a technologically advanced solution currently implemented by the most innovative distribution system operators. ENERGA-OPERATOR SA set about preparing for smart metering implementation in 2010. So far the company has installed over 400,000 meters in its area, and plans to install a further 450,000 in 2015.

Kalisz, the first fully AMI-covered city in Poland, was chosen for an in-depth analysis of the system. In particular, a consumer test was conducted there with the intention of answering the question about the strength of the demand side response to multi-zone tariffs and power reduction.

Conclusions from the year-long test show the demand side response to multi-zone tariffs – i.e. the maximum temporary percentage reduction of energy consumption in the time zone with the tariff raised by a min. of 80% – stays within the 5–15% range. In the case of power reduction (the maximum temporary reduction of energy consumption in the time zone when the power available to a household is limited to 1 kW) – the demand side response stays within the 10–30% range.

An additional effect of tariff diversification and smart metering is a reduction in electricity consumption by 1–4% on working days (i.e. this is the effect of either the consumption reduction or shifting it to weekends). During the test energy consumers were subjected to both price incentives and education. Due to the fact that it is difficult to separate the effects of education and tariff structures, the company plans to continue the research related to verifying the effectiveness of individual activation tools in reducing electricity consumption by households.

DOI: 10.12736/issn.2300-3022.2015406

Systemic factors and research assumptions

The National Power System (NPS) is now facing the challenge of high load during peak hours. As reported by PSE Operator SA, on 30 July 2014 the record demand for electrical power was noted in the summer morning peak. It amounted to 21,811 MW. It was mainly due to very high temperatures.

One of the possibilities to control the demand for electricity and to prevent the occurrence of load peaks are varied priced tariffs. Households are sensitive to price, which is consistent with the law of demand. An increase in the tariffs in a time zone causes a decrease in the energy consumption or a shift of the consumption to a time zone with lower tariffs. The strength of this phenomenon has not been recognized in Poland, as tariff G11, which is characterized by a flat rate throughout the day, is predominant in the household sector.

The AMI system rolled out by Energa-Operator SA allows the use of different tariff rates in different time zones and changing time

zones and rates remotely. It is therefore a very good tool to verify the efficiency of demand response meant as the maximum, instantaneous, percentage reduction of energy consumption in the study group compared with the control group, resulting from a stimulus in the form of a higher tariff or power reduction in a separate time zone.

The consumer test was a joint project of ENERGA-OPERATOR SA and ENERGA-OBRÓT SA. The tests were seeking answers to research questions formulated by the two sponsors. This paper is a summary of the research part defined by ENERGA-OPERATOR SA. In this respect, the test was to answer the following research questions:

- What is the strength of the demand response to multi-zone tariffs?
- What is the strength of the demand response to a power reduction programme?

TKK schedule for EPC		
2013	08.04 - 21.06	RECRUITMENT
	CYCLE I 01.06 - 31.08	JUNE JULY AUGUST Monitoring survey (cancelled)
		Survey after the first cycle, with contest 16-27.09
	CYCLE II 01.09 - 30.11	SEPTEMBER OCTOBER NOVEMBER Monitoring survey (cancelled)
2014	CYCLE III 01.12 - 28.02	DECEMBER JANUARY FEBRUARY Monitoring survey 07-17.01
		Survey after the third cycle, with contest 03-14.03
	CYCLE IV 01.03 - 31.05	MARCH APRIL MAY Monitoring survey 07-18.04
		Survey after the fourth cycle, with contest 02-13.06

Fig. 1. Consumer test implementation timetable

- By what percentage had energy consumption decreased resulting from the use of multi-zone tariffs?

After completion of preparatory work and recruitment of participants, the test was conducted in Kalisz from June 2013 until May 2014. The test covered over 1,000 Kalisz households, which for 12 months used one of three types of multi-zone tariffs, or

during three selected days participated in the power reduction programme.

Participants of the multi-zone tariffs survey received detailed information about the tested tariff plans, benefits of participation in the program (e.g. reimbursement of costs equal to monetary savings between the bill calculated according to the standard tariff and that calculated according to the multi-zone tariffs, the opportunity to receive from 50 to 150 PLN bonuses for reduced energy consumption). In addition, every three months the participants responded to questions asked by an interviewer. An important aspect of the survey was the fact that no one could lose on it – a person who would have incurred higher costs in the multi-zone tariff, in fact would pay according to G11 tariff.

Multizone tariffs

The survey respondents were divided into three groups. Each sub-group was offered a different zonal tariff with different price levels and different time intervals, suited to the periods of peak demand in the summer and winter periods.

- EPC₁ (experimental pricing program) – the same profile throughout the year, characterized by two zones with price increased by nearly 80% in the afternoon and evening peak hours
- EPC₂ – characterized by the fact that in the summer the zone

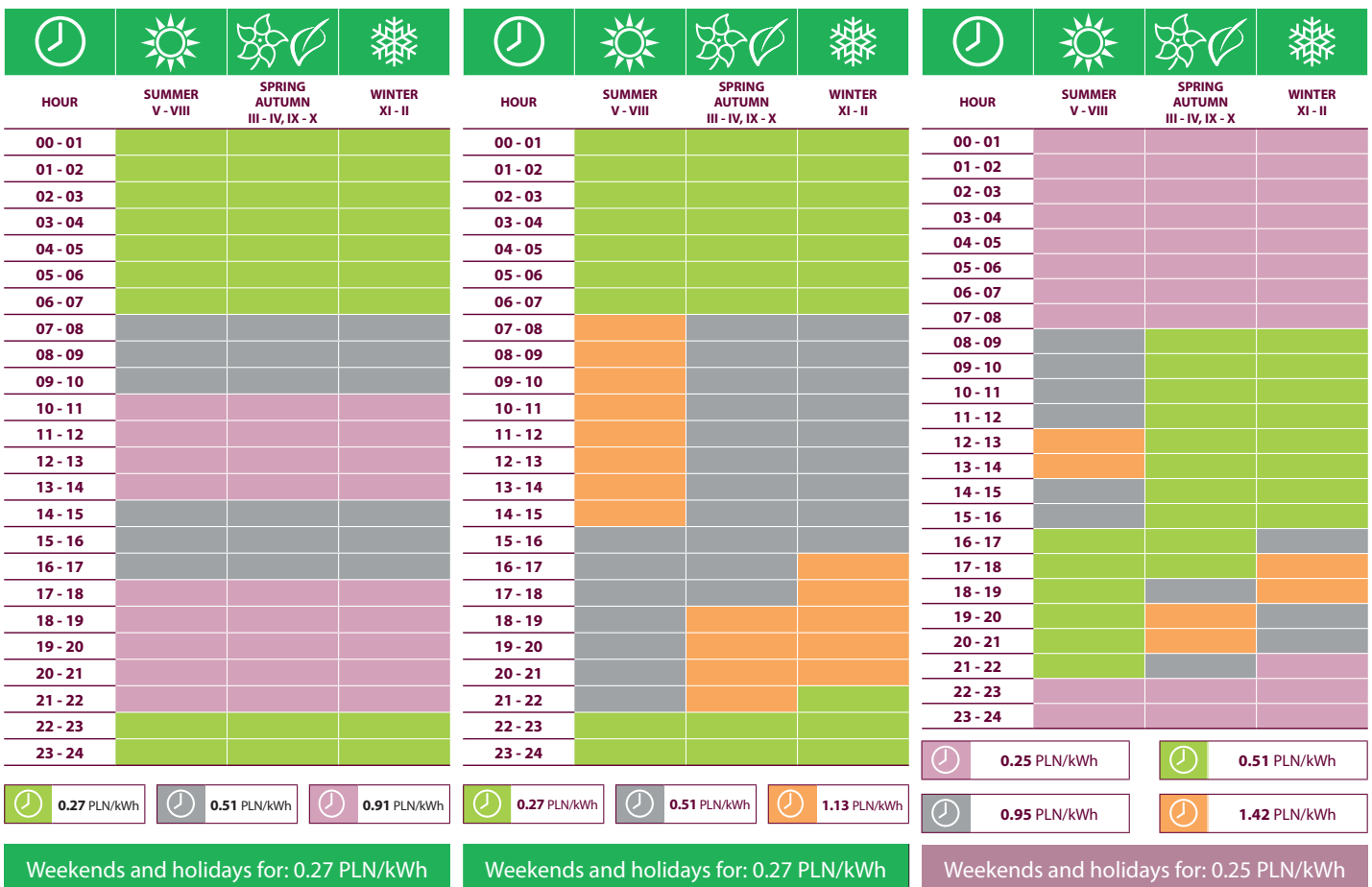


Fig. 2. Tariff structures: EPC₁ (left), EPC₂ (middle) and EPC₃ (right)

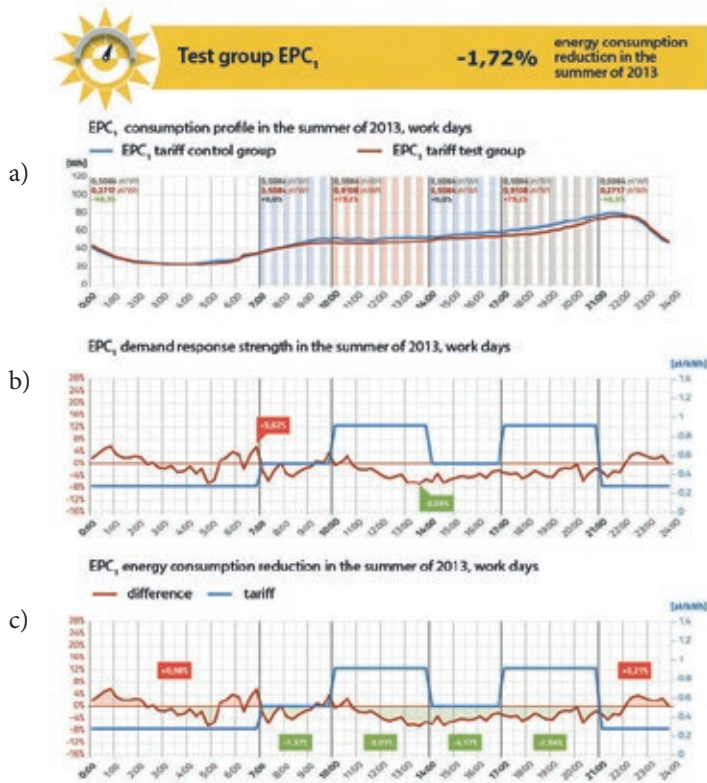


Fig. 3. The results of the survey of group EPC₁ in the summer of 2013 (working days), energy consumption reduction: -1.72%, a) Consumption profile, b) Demand response strength, c) Consumption reduction

with price higher by more than 120% covers the afternoon peak, and in the winter it covers the evening peak

- EPC₃ – just like EPC₂, with further increase in the tariff to nearly 180% in 2-hour time zones at the maximum load of the National Energy System.

Demand response to multi-zone tariffs

The paper contains results of the survey in the summer and winter, i.e. the seasons when natural factors affecting the electricity consumption in households (length of day, either very high or very low air temperature) are the most varied. The results noted in the spring and autumn are within the ranges between them.

EPC₁ tariff in the summer

The above chart it shows that the noted response is consistent with the law of demand. Before 7:00, i.e. at the end the low price zone of there is an increase in the consumption, whereas in the increased price zone the demand response exceeded 5%. The consumption was also reduced between the high prices zones. In general, with EPC₁ the test group decreased its consumption on weekdays in the summer of 2013 by 1.72%.

EPC₂ tariff in the summer

With EPC₂ the households' response was also in line with the law of demand. In the increased price zone the demand response exceeded 9%. An increase in the energy consumption after 22:00 was also evident. In the summer of 2014 EPC₂ test group reduced its consumption on weekdays by 2.63%.

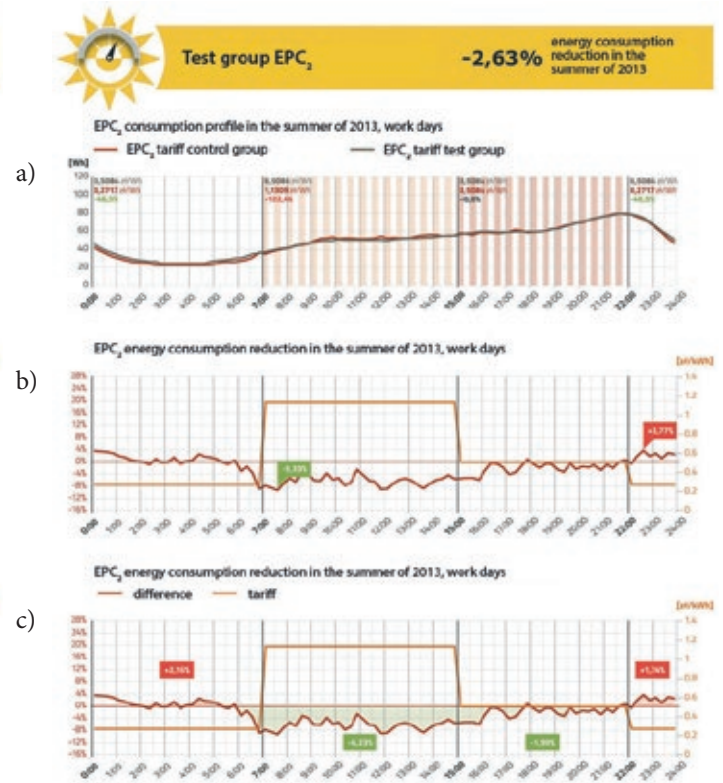


Fig. 4. The results of the survey of group EPC₂ in the summer of 2013 (working days), energy consumption reduction: -2.63%, a) Consumption profile, b) Demand response strength, c) Consumption reduction

EPC₃ tariff in the summer

As in the case of EPC₂ tariff, the demand response was clear and exceeded 9%, as well as an increase in the energy consumption after 22:00. Total energy consumption by this group in the summer of 2013 was reduced in week days by 2.34%.

EPC₁ tariff in the winter

In the winter months the demand response was clearly further increased. With EPC₁ the response exceeded 11%. Households also reduced their energy consumption on weekdays, in this case by 4.51%.

EPC₂ tariff in the winter

In this case the demand response in the high price zone was not visible; but it was evident in the low price zone in the night. In the winter of 2013/14 EPC₂ test group reduced its consumption on weekdays by 2.63%.

EPC₃ tariff in the winter

In the winter months no effect was noticeable of very high 17.00-19.00 prices. Also noticeable was inertia in the demand response in time zone 8.00-16.00, in which the summer prices were high. In the winter of 2013/2014 the group reduced its consumption on weekdays by 3.39%.

Demand response to power reduction program

For the purpose of the power reduction a separate test group was selected. The participants agreed to reduce the available power in the evening peak for two hours to 1 kW, for which they received compensation. They were informed of the planned

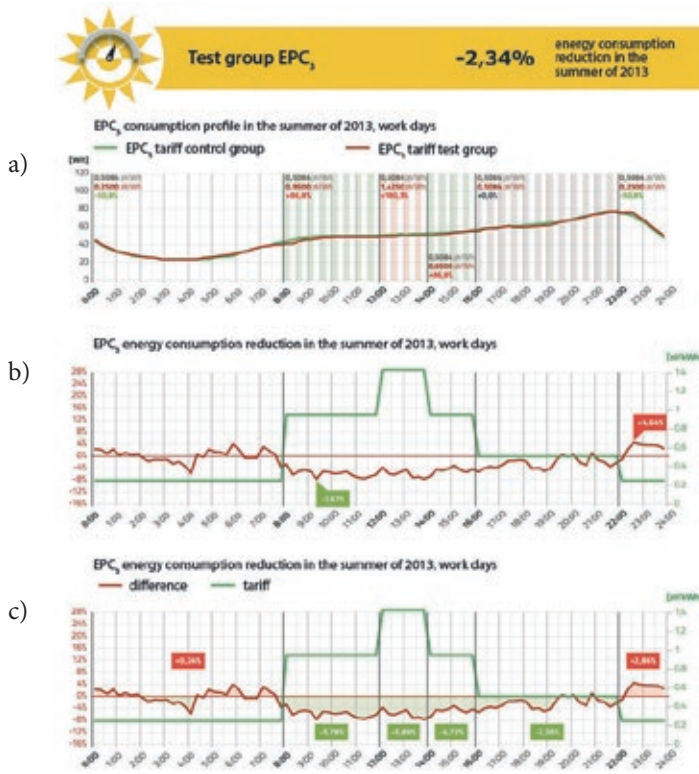


Fig. 5. The results of the survey of group EPC₃ in the summer of 2013 (working days), energy consumption reduction: -2.34%, a) Consumption profile, b) Demand response strength, c) Consumption reduction

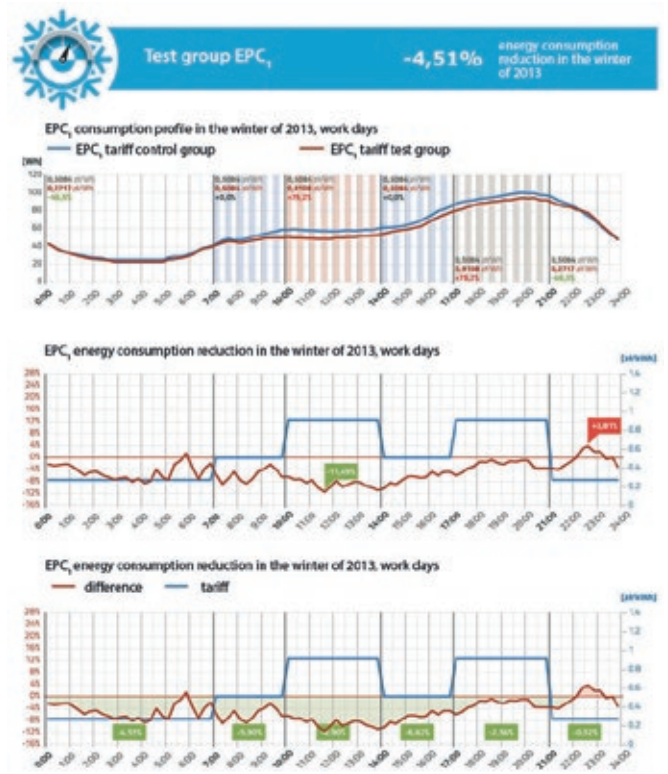


Fig. 6. The results of the survey of group EPC₁ in the winter of 2013 (working days), energy consumption reduction: -4.51%, a) Consumption profile, b) Demand response strength, c) Consumption reduction

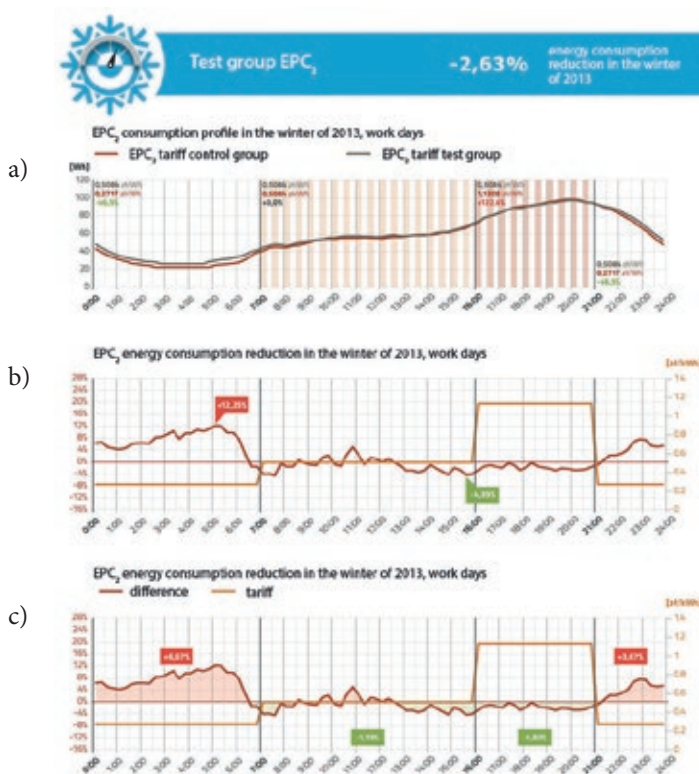


Fig. 7. The results of the survey of group EPC₂ in the winter of 2013 (working days), energy consumption reduction: -2.63%, a) Consumption profile, b) Demand response strength, c) Consumption reduction

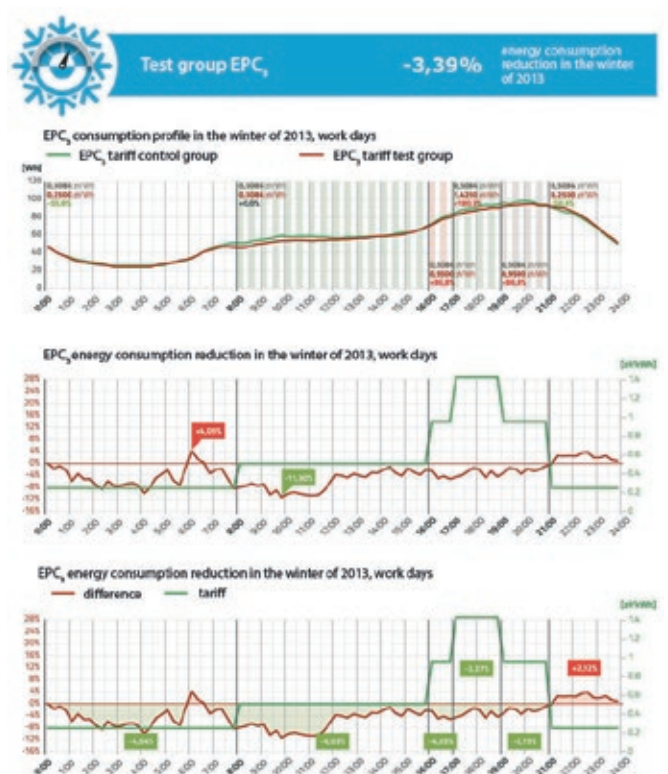


Fig. 8. Results of the survey of group EPC₃ in the winter of 2013, energy consumption reduction: -3.39%, a) Consumption profile, b) Demand response strength, c) Consumption reduction

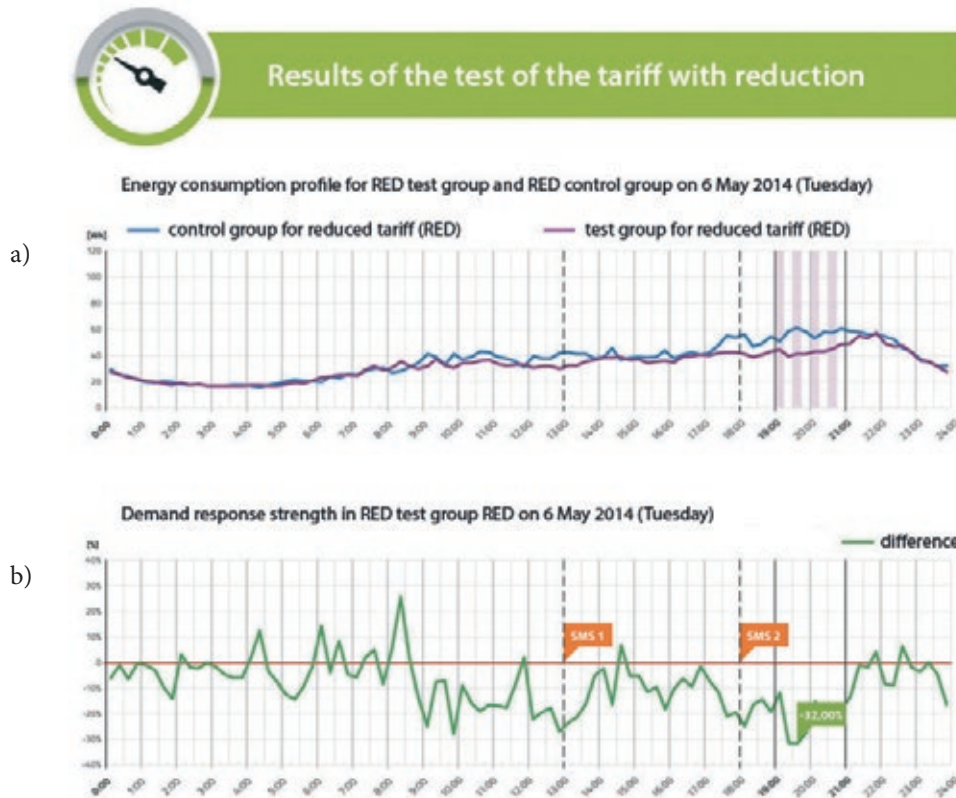


Fig. 9. Results of the reduced tariff test on Tuesday 6 May 2014: a) Energy consumption profile of RED test group RED and RED control group, b) Demand response strength of RED test group

reduction by SMS twice on a given day. The reduction was implemented by the AMI system.

In this case, a strong demand response was noted, which in 19:00–21:00 ranged from 10% to 32%. The demand response to the power reduction programme was significantly stronger than to the multi-zone tariffs, because it was a single event in a short period of time, triggered by a strong and direct information stimulus.

Conclusions from the survey

- Multi-zone tariffs are effective – the demand response strength ranged from 5 to 14%. A partial shift was noted of consumption from the day zone to the night zone.
- The change in the energy utilization pattern was stable during the test. In the survey's first stage (summer 2013) households learned the multi-zone tariff structure, and then they retain the demand response model over the next seasons.
- If in subsequent seasons the tariff structure had not changed, the demand response perpetuated and even deepened. If the tariff structure had changed, that change escaped the attention of the households that still respond to the price stimulus remembered from the first period of the test. In subsequent seasons the demand response was weakening.
- The multi-zoned tariffs brought about the overall reduction of energy consumption in work days – even by as much as 4.5%. Also in this area the best results were accomplished by the test participants who were offered EP₁ tariff plan (i.e. the simplest

and most stable throughout the seasons). The typical energy saving ranged from 1 to 4%.

- The power reduction brought a very strong demand response of 10–30% energy consumption reduction within the indicated time period. The power reduction programme's effectiveness relatively higher than that of the multi-zone tariffs is in line with relevant conclusions of the reference literature. This is due to the programme's spot impact – the households received precise information of the day when they had to reduce their consumption. There were only a few hours between the power reduction's notice receipt and its occurrence. The event itself was short in time (2 h), which facilitated the shift of a portion of the consumption outside the indicated power reduction time interval.
- The households were subjected to price and educational incentives. The mutual interaction of these incentives was difficult to recognize. The demand responses were therefore biased by the educational stimulus in the form of regular surveys carried out in person or by telephone.
- The results obtained in the test group test in the consumer test in Kalisz can not be extrapolated to the entire population of households supplied by ENERGA-OPERATOR SA, because only a portion of the households would accept an offer to switch to multi-zone tariffs.

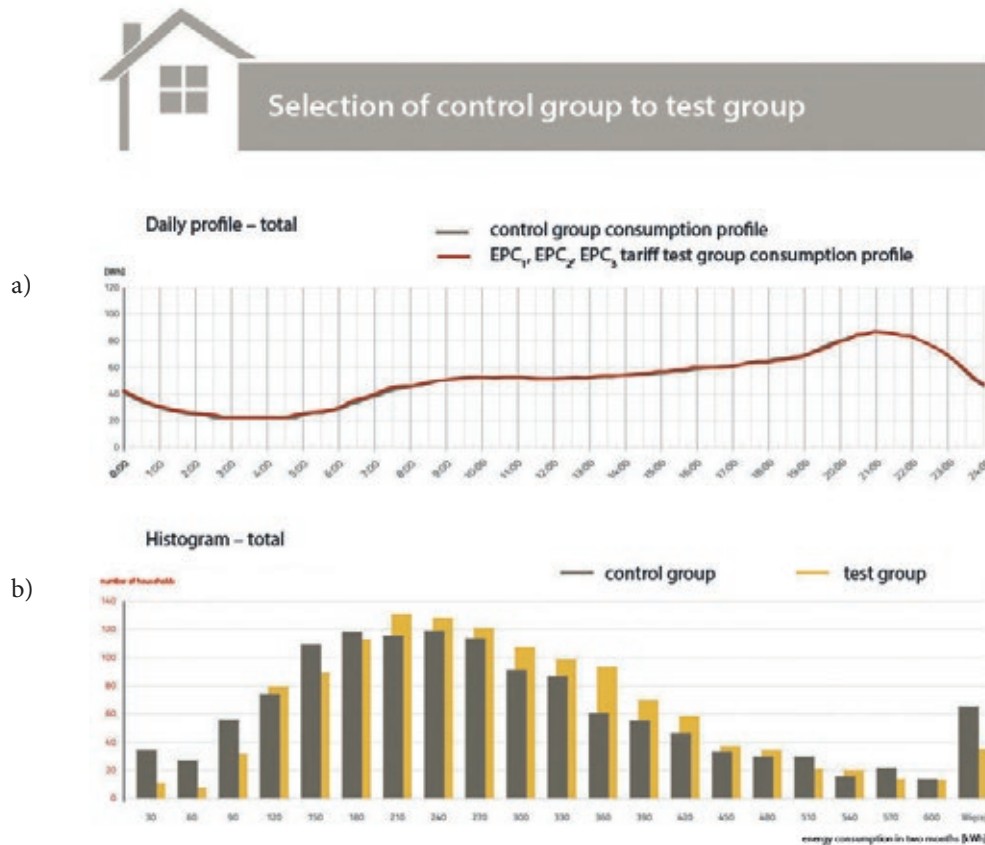


Fig. 10. Selection of control group to test group: a) Daily profile, total – NGK (gray) and EPC1, EPC2, EPC3 (brown), b) Histogram, total – NGK (gray) and GB (yellow)

- The demand response of the whole household population can be estimated as the demand response of the test group multiplied by the share of a similar group in the overall population of households. This share, however, is not known and can not be estimated on the basis of data obtained in the test.

Research method

- The study consisted in calculating the difference between the energy consumption by households in the test group and households in the control group over the period of a weekday sequence.
- The control group was selected by Propensity Score Matching algorithm applied to 15-minute measurement of electricity consumption on working days within 2 months prior to the survey.

- In addition, Difference-in-Differences method was applied, which adjusted the calculation from the test period by the initial difference in power consumption by the test and control groups.
- The study was based on details of electricity consumption in 15-minute intervals.
- In order to protect personal data the PPE numbers in the measurement data were blurred.
- The control group was selected to the test group in a way that ensured the maximum match both in terms of energy consumption distribution and its attribution to energy consumption the range.

The survey was completed and interpreted by a team led by the Department of Innovation of ENERGA-OPERATOR SA.

Adam Olszewski

ENERGA-OPERATOR SA

e-mail: adam.olszewski@energa.pl

Director of the Department of Innovation responsible for the execution of R&D and innovative projects at ENERGA-OPERATOR SA.

Working for ENERGA-OPERATOR SA he has continued his career path related to the implementation since 2008 of advanced measurement systems in PGE Dystrybucja SA, where, in addition to his current operations in its Łódź City Branch Department, he worked on the preparation of an AMI system to large-scale rollout. Previously, an assistant lecturer-researcher, and then assistant professor, at the Faculty of Electrical Engineering of Łódź Technical University (1999–2008). Since 2008 he has been a national DSO representative in Eurelectric WG Smart Grids/Networks of the Future. Since 2011 he has also been a member of EDSO working groups for Smart Grids.

Mieczysław Wrocławski

ENERGA-OPERATOR SA

e-mail: mieczyslaw.wroclawski@energa.pl

Deputy Director of the Department of Innovation at ENERGA-OPERATOR SA

A graduate of Gdansk University of Technology, Silesian University of Technology, Warsaw University of Technology, and MBA studies. He has 45 years of experience in the power industry, he has held management positions related to managing electricity distribution system, has managed numerous innovative and developmental projects, and has worked on the supervisory boards of energy companies. Author of many publications on the integration of renewable energy sources and energy storages with the power system, and on energy utilisation efficiency.

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 65–71. When referring to the article please refer to the original text.

PL

Odpowiedź popytu na taryfy wielostrefowe. Wyniki testu konsumenckiego

Autorzy

Adam Olszewski
Mieczysław Wrocławski

Słowa kluczowe

inteligentne sieci energetyczne, programy DSR/DSM, klient, AMI, Smart Metering, Smart Grid, ENERGA, efektywność energetyczna

Streszczenie

Systemy inteligentnego opomiarowania AMI (ang. *Advanced Metering Infrastructure*) to zaawansowane technicznie rozwiązania, obecnie wdrażane przez najbardziej innowacyjnych operatorów systemu dystrybucyjnego. ENERGA-OPERATOR SA przystąpiła do przygotowania wdrożenia inteligentnego opomiarowania w 2010 roku. Dotąd spółka zainstalowała na swoim obszarze ponad 400 tys. liczników i planuje instalację kolejnych 450 tys. jeszcze w 2015 roku.

Kalisz, który jest pierwszym w pełni objętym systemem AMI miastem w Polsce, został wybrany jako miejsce pogłębionych analiz działania systemu. W szczególności został tam przeprowadzony test konsumencki, mający dać odpowiedź na pytanie o siłę odpowiedzi popytu na taryfy wielostrefowe oraz redukcję mocy.

Podsumowanie rocznego testu pozwala stwierdzić, że odpowiedź popytu na taryfy wielostrefowe – czyli chwilowe, procentowe, maksymalne zmniejszenie zużycia energii w strefie czasowej o podwyższonej taryfie o min. 80% – mieści się w przedziale 5–15%. W przypadku redukcji mocy (chwilowego, maksymalnego zmniejszenia zużycia energii w strefie czasowej, kiedy moc dostępna dla danego gospodarstwa domowego jest ograniczona do 1 kW) – odpowiedź popytu mieści się w przedziale 10–30%. Dodatkowym efektem płynącym ze zróżnicowania taryf i posiadania inteligentnego licznika jest zmniejszenie zużycia energii elektrycznej od 1 do 4% w ciągu dni roboczych (czyli jest to efekt bądź ograniczenia zużycia, bądź przesunięcia zużycia na weekendy).

W czasie trwania testu odbiorcy energii byli poddawani zarówno bodźcom cenowym, jak i edukacyjnym. Ze względu na fakt, że trudne jest oddzielenie efektów płynących osobno z edukacji i konstrukcji taryf, spółka planuje kontynuować prace badawcze związane z weryfikacją skuteczności poszczególnych narzędzi aktywizacyjnych w redukcji zużycia energii elektrycznej przez gospodarstwa domowe.

Uwarunkowania systemowe i założenia badawcze

Krajowy System Elektroenergetyczny (KSE) mierzy się obecnie z wyzwaniem, jakim jest występowanie wysokiego obciążenia w godzinach szczytu. Jak poinformowało PSE Operator SA, w dniu 30 lipca 2014 roku wystąpiło rekordowe zapotrzebowanie na moc elektryczną w szczycie rannym okresu letniego. Wyniosło ono 21 811 MW. Wpływ na to miały przede wszystkim bardzo wysokie temperatury.

Jedną z możliwości sterowania zapotrzebowaniem na energię elektryczną i zapobiegania występowania szczytów obciążenia są zróżnicowane cenowo taryfy. Gospodarstwa domowe są wrażliwe na ceny, co jest zgodne z prawem popytu. Wzrost taryfy w danej strefie czasowej wywołuje spadek zużycia energii bądź też przesunięcie zużycia do takiej strefy czasowej, w której taryfy są niższe. Siła tego zjawiska nie jest jednak rozpoznana w Polsce, ponieważ w sektorze gospodarstw domowych dominuje taryfa G11, która charakteryzuje się płaską stawką przez całą dobę.

Wdrażany przez ENERGA-OPERATOR SA system AMI pozwala na stosowanie odmiennych stawek taryfowych w różnych strefach czasowych oraz zmienianie stref czasowych i stawek w sposób zdalny. Jest to więc bardzo dobre narzędzie do weryfikacji skuteczności odpowiedzi popytu rozumianej jako maksymalne, chwilowe, procentowe zmniejszenie zużycia energii w grupie badawczej w porównaniu z grupą kontrolną w wyniku bodźca w postaci podwyższonej taryfy, bądź redukcji mocy w wydzielonej strefie czasowej.

Test konsumencki był wspólnym przedsięwzięciem spółek ENERGA-OPERATOR SA

i ENERGA-OBRÓT SA. W czasie testów szukano odpowiedzi na pytania badawcze sformułowane przez obu sponsorów. Niniejszy artykuł jest podsumowaniem części badawczej zdefiniowanej przez ENERGA-OPERATOR SA. W tym zakresie test miał udzielić odpowiedzi na następujące pytania badawcze:

- Jaka jest siła odpowiedzi popytu na taryfy wielostrefowe?
- Jaka jest siła odpowiedzi popytu na program redukcji mocy?
- O ile procent spadło zużycie energii w wyniku zastosowania taryf wielostrefowych?

Po wykonaniu prac przygotowawczych oraz rekrutacji uczestników test w Kaliszu został przeprowadzony w okresie od czerwca 2013 roku do maja 2014 roku. W teście wzięło udział ponad 1000 kaliskich gospodarstw domowych, które przez 12 miesięcy korzystały z jednego z trzech rodzajów taryf wielostrefowych lub w trakcie trzech wybranych dni brały udział w programie redukcji mocy.

Uczestnicy badania taryf wielostrefowych otrzymywali szczegółowe informacje o badanych planach taryfowych, korzyściach płynących z uczestnictwa w programie (np. refundacja kosztów równa oszczędnościom pieniężnym pomiędzy rachunkiem skalkulowanym wg taryfy standardowej a naliczonej wg taryfy wielostrefowej, możliwość otrzymania od 50 do 150 zł za zmniejszenie zużycia energii). Dodatkowo raz na kwartał uczestnicy odpowiadali na pytania zadawane przez ankietera. Ważnym aspektem badania był fakt, że nie można było na nim stracić – osoba, która poniosłaby wyższe koszty w taryfie wielostrefowej, w rzeczywistości płaćła wg taryfy G11.

Taryfy wielostrefowe

Badani respondenci zostali podzieleni na trzy podgrupy. Każdej z podgrup zaproponowano inną taryfę strefową o zróżnicowanych poziomach cen i różnych przedziałach czasowych, dopasowanych do okresów szczytowego zapotrzebowania na energię w okresach letnim i zimowym.

- EPC₁ (eksperymentalny program cenowy) – ten sam profil przez cały rok, charakteryzujący się dwiema strefami o cenie podwyższonej o blisko 80% w godzinach szczytu popołudniowego oraz wieczornego
- EPC₂ – charakteryzujący się tym, że w lecie strefa z ceną wyższą o ponad 120% obejmuje szczyt popołudniowy, a w zimie szczyt wieczorny
- EPC₃ – analogicznie do EPC₂, przy czym nastąpiło dodatkowe podwyższenie taryfy do blisko 180% w 2-godzinnych strefach czasowych największego obciążenia Krajowego Systemu Energetycznego.

Odpowiedź popytu dla taryf wielostrefowych

W niniejszym artykule zawarto wyniki badań w okresie letnim i zimowym, tzn. z pór roku, kiedy naturalne czynniki kształtujące zużycie energii elektrycznej w gospodarstwach domowych (długość dnia, bardzo wysoka lub bardzo niska temperatura powietrza) są najbardziej zróżnicowane. Wyniki zaobserwowane wiosną i jesienią mieszczą się w przedziałach pomiędzy nimi.

Taryfa EPC₁ w lecie

Z wykresu na rys. 3 wynika, że zaobserwowana reakcja jest zgodna z prawem popytu. Przed godz. 7.00, czyli pod koniec strefy niskich cen, obserwowany jest wzrost

zużycia. Natomiast w strefie podwyższonych cen odpowiedź popytu przekracza 5%. Zużycie zostało także zmniejszone pomiędzy strefami wysokich cen. Generalnie dla taryfy EPC₁ grupa badawcza zmniejszyła zużycie w dni robocze w lecie 2013 roku o 1,72%.

Taryfa EPC₂ w lecie

W przypadku taryfy EPC₂ reakcja gospodarstw domowych jest także zgodna z prawem popytu. W strefie podwyższonych cen odpowiedź popytu przekracza 9%. Widać także wzrost zużycia energii po

godz. 22.00. Grupa badawcza EPC₂ w lecie 2014 roku zmniejszyła zużycie w dni robocze o 2,63%.

Taryfa EPC₃ w lecie

Podobnie jak w przypadku taryfy EPC₂, widać wyraźną odpowiedź popytu przekraczającą 9% oraz wzrost zużycia energii po godz. 22.00. Całkowite zużycie energii przez tę grupę w lecie 2013 roku zostało ograniczone w dni robocze o 2,34%.

Taryfa EPC₁ w zimie

W miesiącach zimowych widać wyraźnie, że odpowiedź popytu dodatkowo wzrasta. W przypadku taryfy EPC₁ przekracza ona 11%. Gospodarstwa domowe zmniejszają także zużycie energii w dni robocze, w tym przypadku zmalało ono o 4,51%.

Taryfa EPC₂ w zimie

W tym przypadku odpowiedź popytu w strefie wysokich cen nie jest widoczna; natomiast widać ją wyraźnie w strefie niskich cen w nocy. Grupa badawcza EPC₂ w zimie 2013/14 zmniejszyła zużycie energii w dni robocze o 2,63%.

Taryfa EPC₃ w zimie

W miesiącach zimowych nie widać efektu bardzo wysokich cen w godz. 17.00-19.00. Zauważalna jest także inercja w odpowiedzi popytu w strefie czasowej 8.00-16.00, w której w lecie były wysokie ceny. Grupa ta w zimie 2013/2014 zmniejszyła zużycie energii w dni robocze o 3,39%.

Odpowiedź popytu dla programu redukcji mocy

Na potrzeby programu redukcji mocy wyodrębniono osobną grupę badawczą. Jej uczestnicy wyrazili zgodę na ograniczenie dostępnej mocy w szczycie wieczornym przez dwie godziny do 1 kW, za co otrzymywali wynagrodzenie. Badani byli dwukrotnie powiadamiani SMS o planowanej redukcji danego dnia. Sama redukcja była realizowana za pomocą systemu AMI.

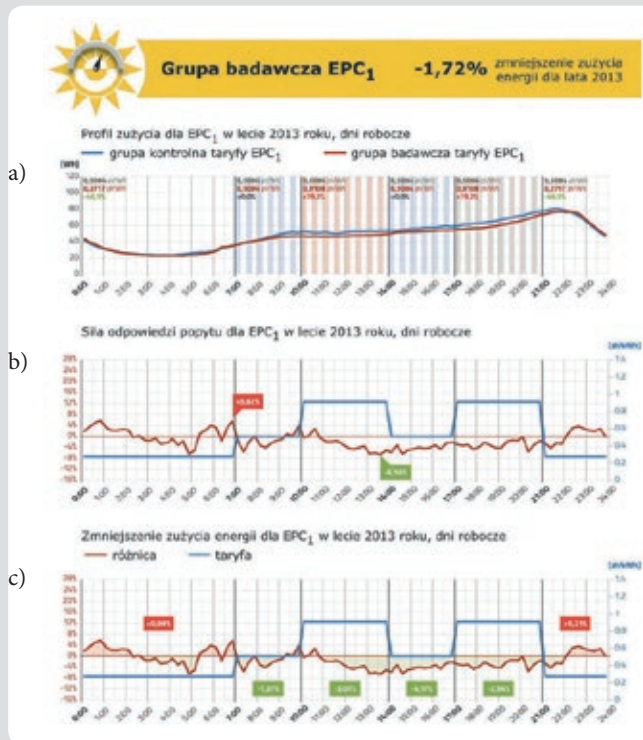
W tym przypadku zaobserwowano silną odpowiedź popytu, która w godz. 19.00-21.00 wynosiła od 10% do 32%. Odpowiedź popytu w programie redukcji mocy jest znacznie silniejsza niż w przypadku taryf



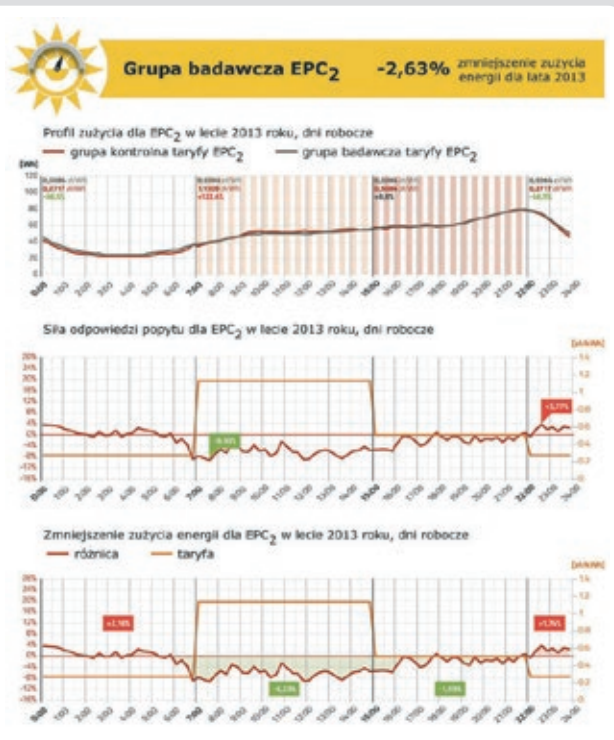
Rys. 1. Harmonogram realizacji testu konsumenckiego



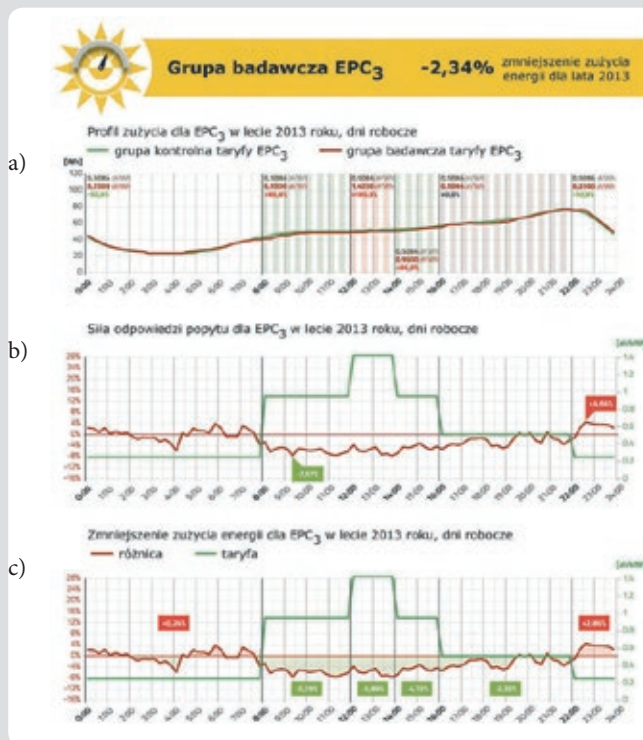
Rys. 2. Konstrukcja taryf EPC₁ (lewa), EPC₂ (środkowa) i EPC₃ (prawa)



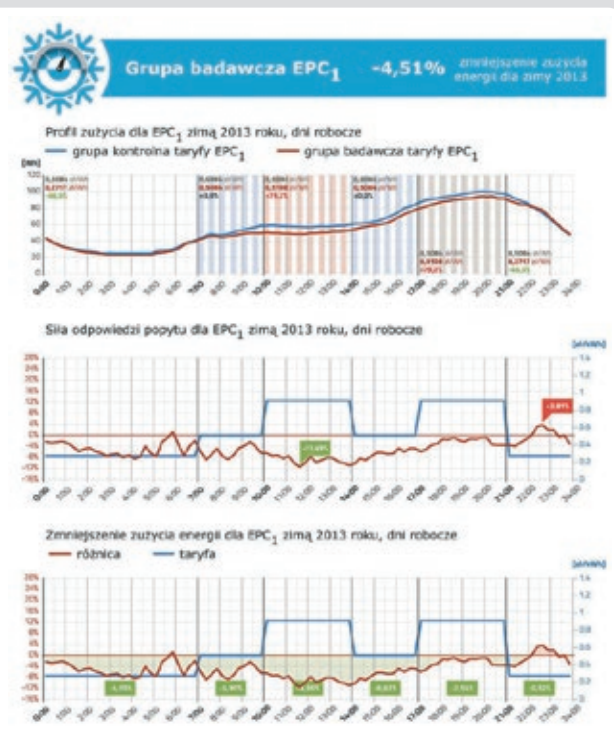
Rys. 3. Wyniki badania grupy EPC₁ w lecie 2013 (dni robocze), zmniejszenie zużycia energii: -1,72%, a) Profil zużycia, b) Siła odpowiedzi popytu, c) Zmniejszenie zużycia energii



Rys. 4. Wyniki badania grupy EPC₂ w lecie 2013 (dni robocze), zmniejszenie zużycia energii: -2,63%, a) Profil zużycia, b) Siła odpowiedzi popytu, c) Zmniejszenie zużycia energii



Rys. 5. Wyniki badania grupy EPC₃ w lecie 2013 (dni robocze), zmniejszenie zużycia energii: -2,34%, a) Profil zużycia, b) Siła odpowiedzi popytu, c) Zmniejszenie zużycia energii



Rys. 6. Wyniki badania grupy EPC₁ w zimie 2013 (dni robocze), zmniejszenie zużycia energii: -4,51%, a) Profil zużycia, b) Siła odpowiedzi popytu, c) Zmniejszenie zużycia energii

wielostrefowych, ponieważ jest to zdarzenie jednorazowe, w krótkim przedziale czasu, inicjowane silnym i bezpośrednim bodźcem informacyjnym.

Wnioski płynące z badania

- Taryfy wielostrefowe są skuteczne – siła odpowiedzi popytu mieści się w przedziale 5–14%. Obserwuje się częściowe

przesunięcie zużycia ze strefy dziennej do strefy nocnej.

- Zmiana w sposobie użytkowania energii jest trwała w okresie trwania testu.

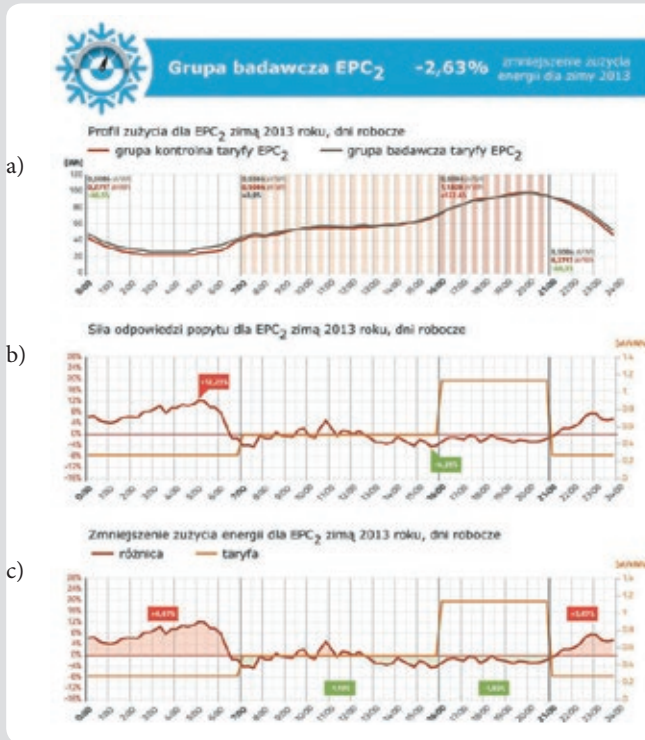
W pierwszej fazie badania (lato 2013 roku) gospodarstwa domowe uczą się kształtu taryfy wielostrefowej, a następnie zachowują ten wzór odpowiedzi popytu na przestrzeni kolejnych pór roku.

- Jeżeli w kolejnych porach roku kształt taryfy się nie zmienia, to odpowiedź popytu się utrwała, a nawet pogłębia.

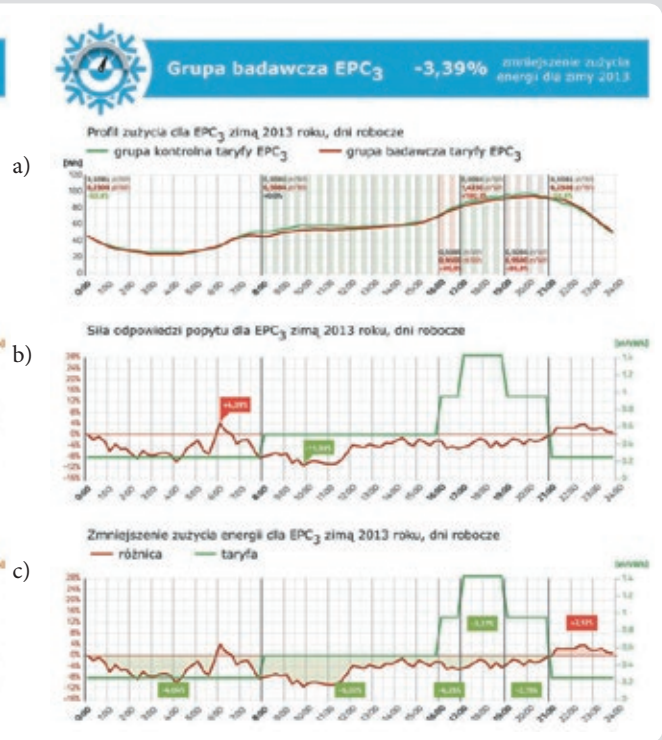
Jeżeli kształt taryfy się zmienia, to zmiana ta umyka uwadze gospodarstw domowych, które w dalszym ciągu odpowiadają na bodziec cenowy zapamiętany z pierwszego okresu testu. W kolejnych porach roku odpowiedź popytu słabnie.

- Taryfy wielostrefowe przyniosły ogólne zmniejszenie zużycia energii w dni

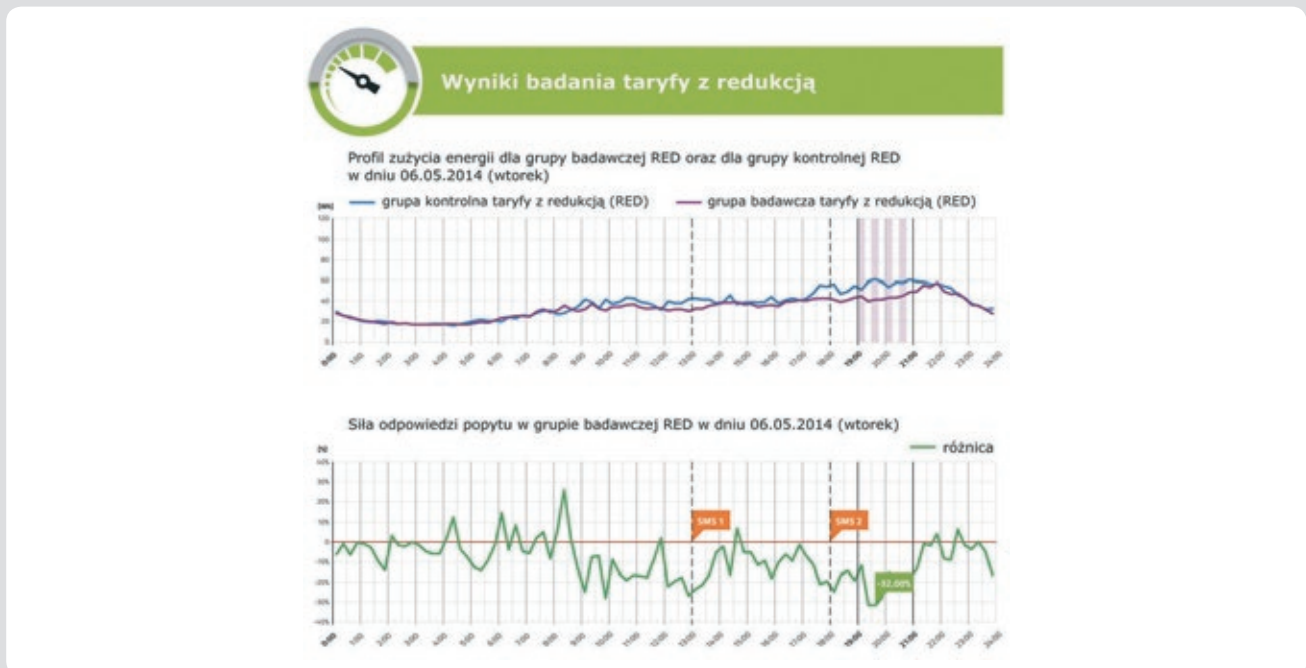
robocze – nawet o 4,5%. Również w tym obszarze najlepsze wyniki odnotowali ci uczestnicy testu, którym zaferowano plan taryfowy EPC₁ (czyli najprostsz, najbardziej stabilny na przestrzeni poszczególnych pór roku). Typowa wielkość energooszczędności mieści się w przedziale 1–4%.



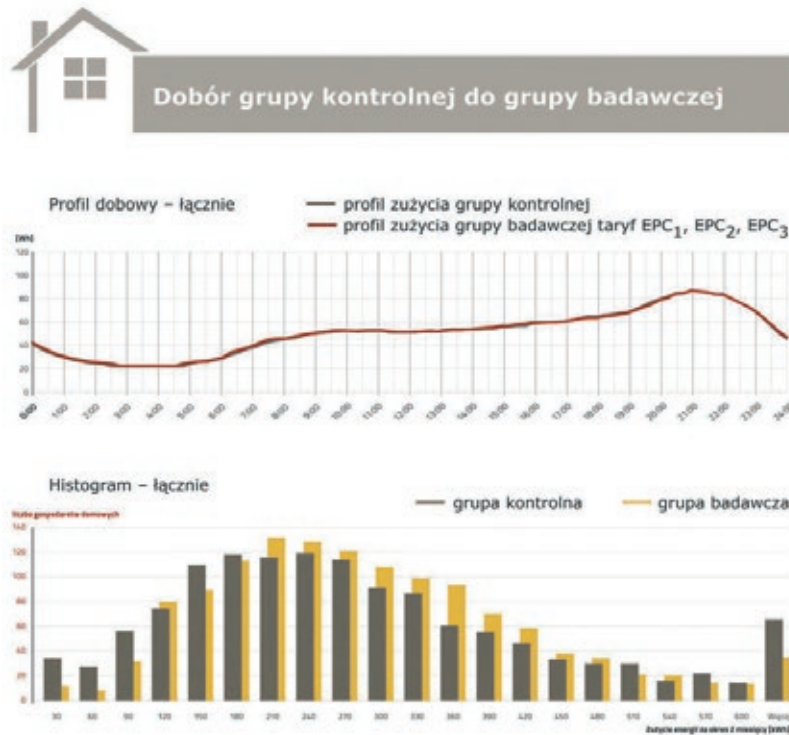
Rys. 7. Wyniki badania grupy EPC₂ w zimie 2013 (dni robocze), zmniejszenie zużycia energii: -2,63%, a) Profil zużycia, b) Siła odpowiedzi popytu, c) Zmniejszenie zużycia energii



Rys. 8. Wyniki badania grupy EPC₃ w zimie 2013, zmniejszenie zużycia energii: -3,39% a) Profil zużycia, b) Siła odpowiedzi popytu, c) Zmniejszenie zużycia energii



Rys. 9. Wyniki badania taryfy z redukcją, 6 maja 2014 roku, wtorek: a) Profil zużycia energii dla grupy badawczej RED oraz dla grupy kontrolnej RED, b) Siła odpowiedzi popytu w grupie badawczej RED



Rys. 10. Dobór grupy kontrolnej do grupy badawczej: a) Profil dobowy, łącznie – NGK (kolor szary) i EPC₁, EPC₂, EPC₃ (kolor brązowy), b) Histogram, łącznie – NGK (kolor szary) i GB (kolor żółty)

- Redukcja mocy przyniosła bardzo mocną odpowiedź popytu, mieszczącą się w przedziale 10–30% redukcji zużycia energii we wskazanym przedziale czasowym. Relatywnie większa skuteczność programu redukcji mocy od taryf wielostrefowych pokrywa się z wnioskami z przeglądu literatury w tym zakresie. Wynika to z tego, że program działa punktowo – gospodarstwa domowe dostają danego dnia precyzyjną informację, kiedy mają zmniejszyć zużycie. Uplywa zaledwie kilka godzin od otrzymania informacji o planowanej redukcji mocy a nastąpienie zdarzenia. Samo zdarzenie jest krótkie w czasie (2h), co ułatwia przesunięcie części zużycia poza wskazany przedział czasowy o ograniczonej dostępności mocy.
- Gospodarstwa domowe były poddane bodźcom cenowym i edukacyjnym. Wzajemne oddziaływanie tych bodźców jest trudne do rozpoznania. Wyniki odpowiedzi popytu są zatem zakłócone bodźcem edukacyjnym, który miał postać regularnych badań ankietowych, wykonywanych osobiście lub telefonicznie.
- Wyników uzyskanych w grupie badawczej w teście konsumenckim w Kaliszu

nie można ekstrapolować na całą populację gospodarstw domowych obsługiwana przez ENERGA-OPERATOR SA, ponieważ tylko część gospodarstw domowych z terenu ENERGA-OPERATOR SA przyjęłaby ofertę przejścia na taryfy wielostrefowe.

- Odpowiedź popytu w skali całej populacji gospodarstw domowych może być oszacowana jako odpowiedź popytu w gronie grupy badawczej, pomnożona przez udział analogicznej grupy w całej populacji gospodarstw domowych. Udział ten jednak nie jest znany i nie może być oszacowany na bazie danych pozyskanych w teście.

Metoda badawcza

- Badanie polegało na obliczeniu różnicy w zużyciu energii pomiędzy gospodarstwami domowymi w grupie badawczej a gospodarstwami domowymi w grupie kontrolnej w danym okresie w ciągu dni roboczych.
- Grupa kontrolna została dobrana wg algorytmu *Propensity Score Matching* (dopasowanie na podstawie analizy

predyspozycji), zaaplikowanym do 15-minutowych pomiarów zużycia energii elektrycznej w dniach roboczych w okresie 2 miesięcy poprzedzających badanie.

- Dodatkowo została zastosowana metoda *Difference-in-Differences*, która koryguje obliczenia z okresu badawczego o wyjściową różnicę w poziomie zużycia energii pomiędzy grupą badawczą oraz kontrolną.
- Badanie wykonano na podstawie danych o zużyciu energii elektrycznej w interwałach 15-minutowych.
- W celu ochrony danych osobowych numery PPE w danych pomiarowych zostały zamazane.
- Dobór grupy kontrolnej do grupy badawczej został wykonany w sposób zapewniający maksymalne dopasowanie zarówno pod kątem rozkładu zużycia energii, jak i przypisanie do przedziału zużycia energii.

Badanie zostało zrealizowane i zinterpretowane przez zespół kierowany przez Departament Innowacji ENERGA-OPERATOR SA.

Adam Olszewski

dr inż.

ENERGA-OPERATOR SA

e-mail: adam.olszewski@energa.pl

Dyrektor Departamentu Innowacji odpowiada za realizację projektów badawczo-rozwojowych i innowacyjnych w ENERGA-OPERATOR SA.

Praca w ENERGA-OPERATOR SA stanowi kontynuację ścieżki zawodowej związanej z wdrażaniem od 2008 roku zaawansowanych systemów pomiarowych w PGE Dystrybucja SA, gdzie poza bieżącą działalnością operacyjną w Oddziale Łódź Miasto pracował przy przygotowaniu systemu AMI do wdrożenia wielkoskalowego. Wcześniej pracował na stanowisku asystenta, potem adiunkta na Wydziale Elektrycznym Politechniki Łódzkiej (1999–2008). Od 2008 roku jest przedstawicielem krajowych OSD w Eurelectric WG Smart Grids/Network of the Future. Od 2011 roku pełni również funkcję członka grup roboczych EDSO for Smart Grids.

Mieczysław Wrocławski

inż.

ENERGA-OPERATOR SA

e-mail: mieczyslaw.wroclawski@energa.pl

Zastępca dyrektora Departamentu Innowacji w ENERGA-OPERATOR SA

Absolwent Politechniki Gdańskiej, Politechniki Śląskiej, Politechniki Warszawskiej, studiów MBA. Ma na swoim koncie 45 lat doświadczenia w energetyce, piastował stanowiska kierownicze związane z prowadzeniem systemu dystrybucyjnego energii elektrycznej, kierował wieloma projektami innowacyjnymi i rozwojowymi, pracował w radach nadzorczych spółek energetycznych. Autor wielu publikacji z zakresu integracji źródeł energii odnawialnej, magazynów energii z systemem energetycznym oraz efektywności użytkowania energii.