

doi:10.15199/48.2024.01.56

Zapotrzebowanie budynków akademickich na energię elektryczną w latach 2019-2022 – studium przypadku

Streszczenie. Budynki akademickie to coraz częściej obiekty naszpikowane nowoczesnymi systemami sterowania i nadzoru oraz odpowiednimi układami wykonawczymi umożliwiającymi realizację procesów w sposób automatyczny i ciągły. Udział układów pracujących w sposób ciągły w ogólnym bilansie energetycznym rośnie wraz z poziomem zaawansowania technicznego budynku. W artykule przedstawiono wyniki analiz związanych ze zużyciem energii elektrycznej w wybranych typach obiektów akademickich w latach 2019-2022. Okres do analizy wybrano nieprzypadkowo. Jest to okres, w którym występowały różne anomalie wpływające na stopień wykorzystania tych budynków (pandemia COVID, wojna na Ukrainie oraz kryzys energetyczny).

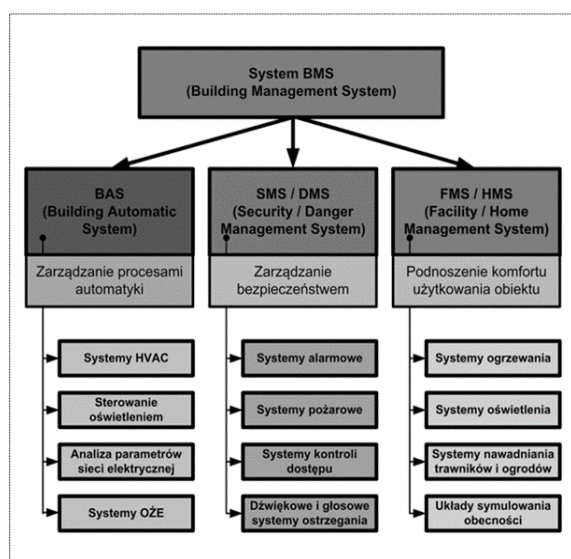
Abstract. Academic buildings are more and more often objects packed with modern control and supervision systems as well as appropriate executive systems that enable the implementation of processes in an automatic and continuous manner. The share of systems operating continuously and automatic in the overall energy balance increases with the level of technical advancement of the building. The article presents the results of analyses related to electricity consumption in selected types of academic facilities in 2019-2022. The period for the analysis was chosen not accidentally. This is a period in which there were various anomalies affecting the degree of use of these buildings (COVID pandemic, war in Ukraine and energy crisis). (The electricity demand of academic buildings in 2019-2022 - case study).

Słowa kluczowe: elektroenergetyka, systemy sterowania i nadzoru, zużycie energii elektrycznej, efektywność energetyczna.

Keywords: power engineering, control and supervision systems, electricity consumption, energy efficiency.

Wstęp

Funkcjonowanie budynków akademickich to skomplikowany proces związany z dostarczaniem do nich mediów energetycznych (energia elektryczna, energia cieplna, woda, gaz), obsługą sprzętu i systemów infrastruktury technicznej budynku oraz zarządzaniem bezpieczeństwem w obiekcie [1, 3, 7, 8, 10, 15]. Budynki akademickie muszą przy tym również spełniać wysokie wymagania stawiane przez aktualne normy i przepisy, gdyż wiąże się to z gwarancją bezpiecznego przebywania w nich ludzi oraz prawidłową realizacją założonych procesów badawczych lub dydaktycznych. Coraz częściej w celu zapewnienia odpowiednich warunków pracy wyposaża się te budynki w dedykowane systemy BMS umożliwiające automatyczne adaptowanie się do bieżących warunków środowiskowych i szybką reakcję na zaistniałą sytuację, w tym na wykryte zagrożenia, anomalie i nieprawidłowości [1, 2, 4, 5, 9, 11, 13, 14]. Struktura współczesnych systemów BMS została przedstawiona na rys. 1.



Rys. 1. Struktura systemów BMS

Mnogość różnych układów w strukturze systemu BMS oraz innych systemów zainstalowanych w budynkach, a także ich wzajemne powiązania wymagają do nich ciągłego zasilania oraz działania przynajmniej na poziomie detekcji i analizy danych. Dzięki ich sprawnej korelacji obiekty budowlane mogą funkcjonować bardziej niezawodnie, bezpiecznie oraz być bardziej ekonomiczne w eksploatacji. Układy BMS wraz z innymi podstawowymi elementami infrastruktury technicznej budynku (pompy, wentylatory, klimatyzatory indywidualne) odpowiadają za znaczny udział w konsumpcji energii elektrycznej. Dla prawidłowego funkcjonowania danego obiektu nie jest proste wyłączyć te systemy. Ich praca generuje pewne obciążenie i jest niezależna od stopnia wykorzystania budynku.

Funkcjonowanie każdego obiektu wiąże się z realizacją pewnych zadań. Na Uczelniach te zadania związane są z nauką, dydaktyką i organizacją zajęć, a także pracami administracyjnymi i biurowymi. Funkcje te charakteryzuje inna specyfika pracy oraz energochłonność. W przypadku budynków akademickich można analizując dane historyczne określić i w pewien sposób prognozować ich energochłonność [1, 3, 6, 7, 8, 10, 15]. Jest to ważne przy określaniu budżetu, realizacji inwestycji i modernizacji, a także w rozliczaniu projektów i subwencji.

Kształtowanie się wielkości zużycia energii elektrycznej w budynkach nie jest procesem łatwym, ze względu na występowanie licznych czynników mogących wpłynąć na analizę. Do tych czynników zalicza się czynniki wewnętrzne i zewnętrzne. W przypadku czynników wewnętrznych dotyczących obiektów akademickich wpływ na zapotrzebowanie na energię elektryczną mają bieżące działanie poszczególnych urządzeń, a w dłuższym okresie czasu przeprowadzane plany inwestycyjne, np. wymiana urządzeń na mniej energochłonne, doposażanie obiektów w nowe instalacje badawcze. Czynniki zewnętrzne związane są z sytuacją makroekonomiczną i geopolityczną, które odciskają swoje piętno na cenach nośników energii lub funkcjonowaniem obiektów w sposób wymuszony.

W przypadku przeprowadzania prognoz i analiz zazwyczaj zakłada się pewne hipotetyczne wskaźniki oparte na danych historycznych, bieżącej analizie sytuacji rynkowej oraz trendach widocznych w gospodarce [12].

Ostatnie lata (2020-2022) to trudny okres związany z wystąpieniem różnych anomalii w funkcjonowaniu życia publicznego, gospodarczego i politycznego. Rok 2020 to rok związany z pojawieniem się i rozprzestrzenieniem się po świecie pandemii COVID-19. Rok 2021 to rok związany z powrotem do normalnego funkcjonowania Uczelni. Powrót do normalnego funkcjonowania odbył się już zgodnie z nowymi, po-pandemicznymi realiami i dostosowaniem się życia publicznego do nowych warunków. Rok 2022 to rok związany z wybuchem wojny na Ukrainie oraz wzrostem cen nośników energii. Pandemia i wojna na Ukrainie odcisnęła piętno na wszystkich dziedzinach życia, w tym na funkcjonowaniu Uczelni.

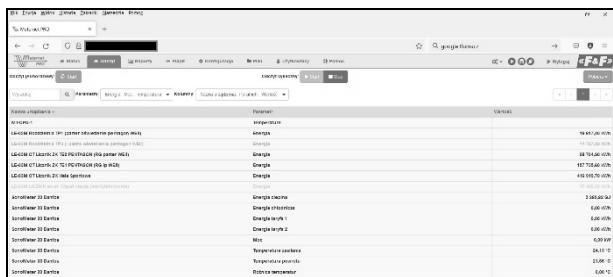
W artykule przedstawiono wyniki analiz związanych ze zmiennością zużycia energii elektrycznej w wybranych typach budynków i obwodach zainstalowanych w obiektach akademickich różnego przeznaczenia w latach 2019-2022.

Monitorowanie zużycia energii elektrycznej

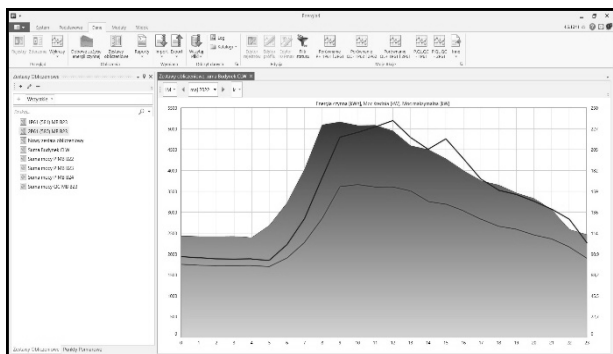
Efektywne funkcjonowanie elementów infrastruktury technicznej budynku to oprócz funkcji sterowania również bieżący nadzór oraz kontrola parametrów technicznych [2, 4, 5, 9, 11, 13, 14]. Ważnym elementem w tym zakresie jest kontrola i monitoring dostarczanych do budynku mediów. Dzięki takim procesom możliwa jest odpowiednia analiza rejestrowanych danych oraz reagowanie na nieprawidłowe sytuacje [1, 7, 8]. Użytkownik na bieżąco jest w stanie określić bieżący stan budynku, a także wpłynąć na niekorzystne procesy, w tym na opłaty, np. przekroczenia zamówionej mocy lub pobór energii biernej [1, 3, 7, 8].

Na potrzeby artykułu, do celów analizy danych związanych ze zużyciem energii elektrycznej w poszczególnych obiektach oraz układach wyróżnionych wykorzystano następujące systemy i aplikacje:

- program Meternet PRO firmy F&F do monitorowania zużycia mediów energetycznych [17];
- program Energia4 firmy Numeron do odczytu i analizy danych pomiarowych i generowania raportów [16].



Rys. 2. Okno aplikacji Meternet PRO firmy F&F – odczyt stanu liczników i układów pomiarowych



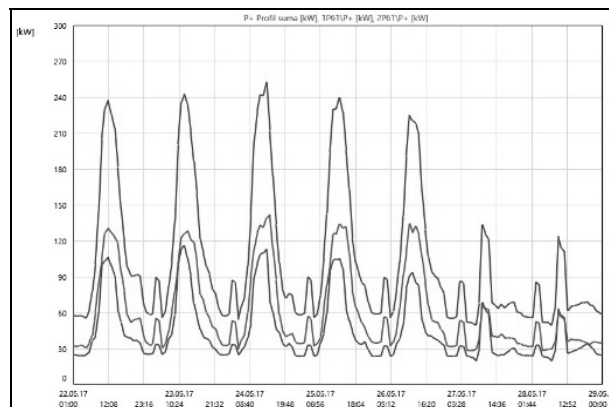
Rys. 3. Okno programu Energia4 firmy Numeron - Analiza zużycia energii elektrycznej w budynku w wybranym okresie

Energia w strefach, globalnie, z profilu obciążenia							
Użytkownik	Administrator / 4 6 1241 1 / 5 0 0 8						
Wykonano dnia	03.06.2022 02:01:02						
Za okres	01.05.2017 00:00:00 - 01.06.2017 00:00:00						
Dla obiektu	Grupa zaznaczonych obiektów						
Jednostki	kWh, kWh						
Lp.	Nazwa kalendarza	Kod strefy	Nazwa strefy	OBIS strefy			
1	Bezstrefowy						
Nazwa punktu pomiarowego	Pełna nazwa punktu pomiarowego	Nazwa kanału	Typ energii	Ufn [%]	Numer licznika	Bezstrefowy	
						Całkowicie	Całkowicie
1P61	Budynek CLW1P61	P-	EP-	100,00	50609581	0,00	0,00
		P+	EP+	100,00	50609581	32 049,56	32 049,56
		QC-	EQ-	100,00	50609581	618,36	618,36
		QL+	EQ+	100,00	50609581	4 179,83	4 179,83
2P61	Budynek CLW2P61	P-	EP-	100,00	50609580	0,00	0,00
		P+	EP+	100,00	50609580	42 551,55	42 551,55
		QC-	EQ-	100,00	50609580	491,29	491,29
		QL+	EQ+	100,00	50609580	1 617,02	1 617,02
RAZEM	RAZEM	EP				74 601,11	74 601,11
		EQ				0,00	0,00
		EQ+				5 796,84	5 796,84
		EQ-				1 109,64	1 109,64
		tg φ Pob.				0,08	0,08

Rys. 4. Raportowanie danych w programie Energia4 firmy Numeron

Zużycie energii elektrycznej w wybranych obiektach akademickich w okresie 2019-2022

Obiekty akademickie zużywają energię elektryczną w celu zapewnienia odpowiednich warunków pracy, komfortu, realizacji zadań związanych z bezpieczeństwem oraz prowadzenia badań naukowych i celów dydaktycznych. Czynniki te kształtują określoną krzywą zapotrzebowania na energię elektryczną. Przykładowy przebieg krzywej zmienności obciążenia dla okresu 7-dniowego przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. 7-dniowe przebiegi zmienności obciążenia dla wybranych punktów zasilania, wygenerowane w programie Energia4

Do celów analizy materiału z liczników i rejestratorów energii elektrycznej dla wybranych obiektów akademickich, za charakterystyczne okresy związane z funkcjonowaniem tych budynków przyjęto:

- I 2019 – II 2020 – typowe miesiące (przed pandemią COVID-19);
- III 2020 – VI 2020 – twardy lockdown (początek pandemii COVID-19);
- VII – IX (2019 / 2020 / 2021 / 2022) - okresy urlopowe i wakacyjne;
- X 2020 – soft lockdown (okres próbny normalnej pracy i nauki);
- XI 2020 – VI 2021 – medium lockdown (hybrydowy okres pracy i nauki);
- X 2021 – XII 2021 – soft lockdown (quasi-normalny okres pracy i nauki);
- III 2022 – XII 2022 – okres powiązany z wpływem wojny na Ukrainie oraz ograniczeniami związanymi z wytycznym o oszczędzaniu nośników energii.

Za charakterystyczne układy zasilania związane z pracą poszczególnych typów obiektów akademickich przyjęto:

- obiekt 1 - obiekt dydaktyczny z dużym udziałem pomieszczeń biurowych i pokojami nauczycieli akademickich (rys. 6);
- obiekt 2 - hala sportowa wraz z pomieszczeniami obsługi i zapleczem technicznym (rys. 7);
- obiekt 3 - obwody obsługi technicznej węzła ciepłego (rys. 8);
- obiekt 4 - duży obiekt o charakterze naukowo-badawczym z salami do prowadzenia zajęć dydaktycznych (rys. 9).

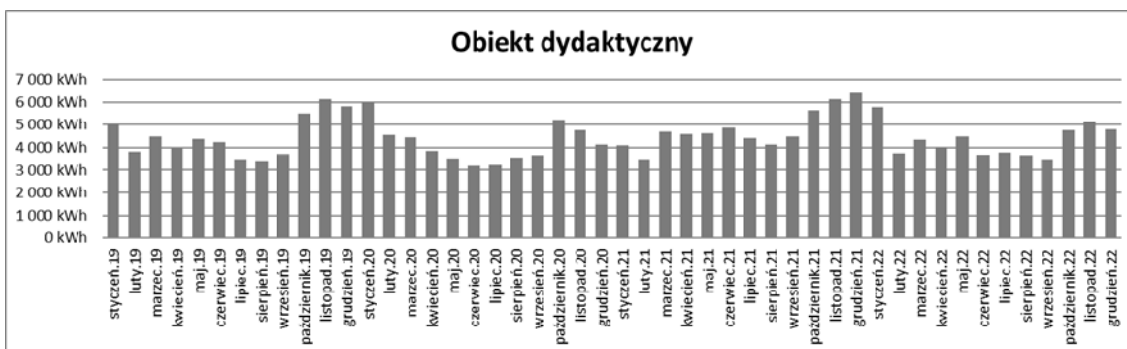
Przedstawione typy budynków związane są z realizacją misji kształcenia studentów i prowadzenia prac naukowo-badawczych na Uczelni uzupełnione obwodami administracyjnymi, zasilającymi biura, serwerownie, infrastrukturę techniczną budynków oraz systemy sterowania i nadzoru.

Ostatnim elementem analizy jest układ zasilania związany z zasilaniem całej grupy obiektów akademickich zawierających również wyszczególnione układy. Zapotrzebowanie na energię elektryczną w tych układach i obiektach zostały przedstawione na rys. 6, rys. 7, rys. 8, rys. 9 i rys. 10.

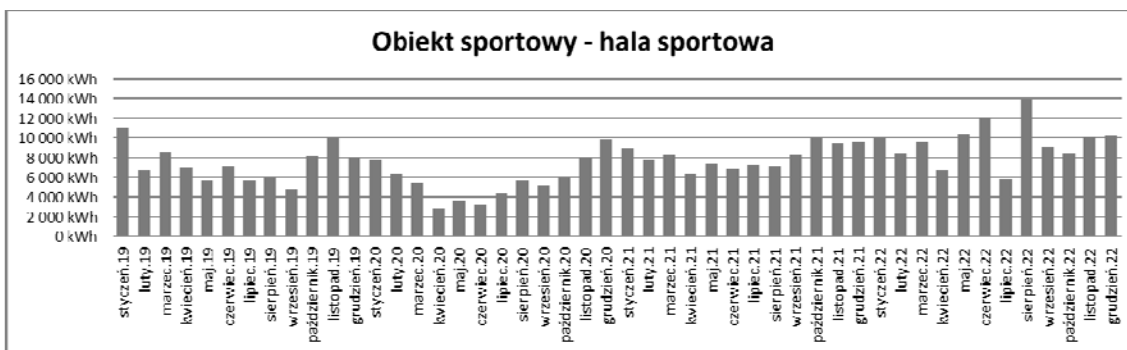
Analizując okresy poprzedzające wystąpienie okresu pandemii COVID-9 zużycie energii elektrycznej w poszczególnych typach budynków w normalnych warunkach jest w pewnych granicach stabilne i przewidywalne. Zatem, za okres referencyjny przyjęto rok 2019, który nie odbiegał zbytnio od lat wcześniejszych dla tych obiektów lub wyróżnionych obwodów technicznych.

Obserwowane zaburzenia krzywej zapotrzebowania na energię elektryczną w poszczególnych budynkach i pewnych okresach były zazwyczaj związane z występowaniem stanów anormalnych: miejscowych awarii, okresów remontów i modernizacji, zmian schematu pracy urządzeń.

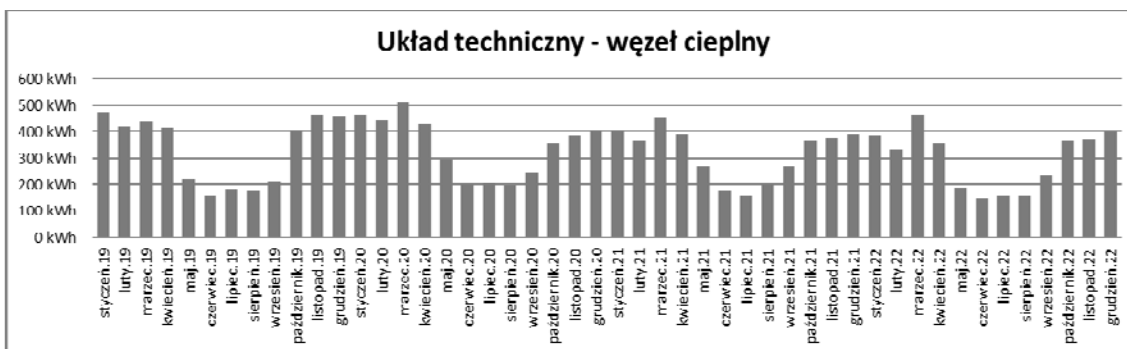
Główny zakres analizy zużycia energii elektrycznej w wybranych układach zasilania dotyczył okresu pandemii, okresu po-pandemicznego oraz okresu związanego z toczącą się na Ukrainie wojnie. Okresy te były związane z wystąpieniem zewnętrznych czynników, które w danych okresach czasu zauważalnie wpłynęły na normalną pracę i funkcjonowanie Uczelni. Przedstawione poniżej dane obrazują wpływ czynników zewnętrznych na zużycie energii elektrycznej w latach 2019-2022.



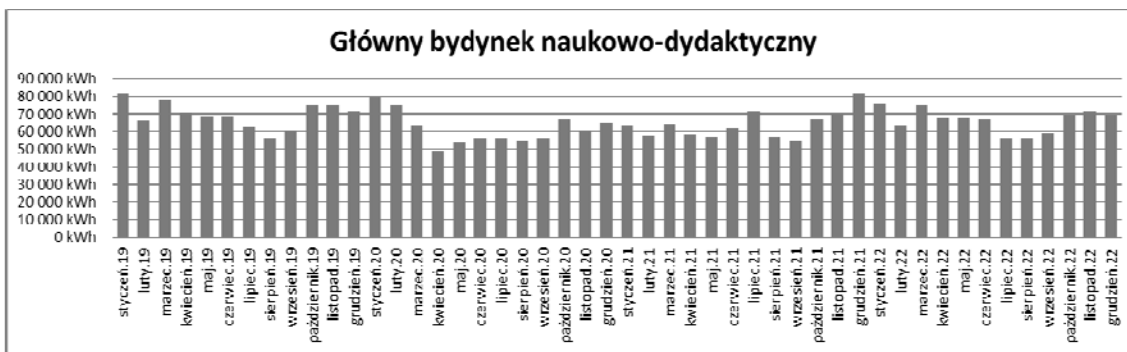
Rys. 6. Miesięczne zapotrzebowanie na energię elektryczną w obiekcie dydaktycznym w okresie 2019-2022



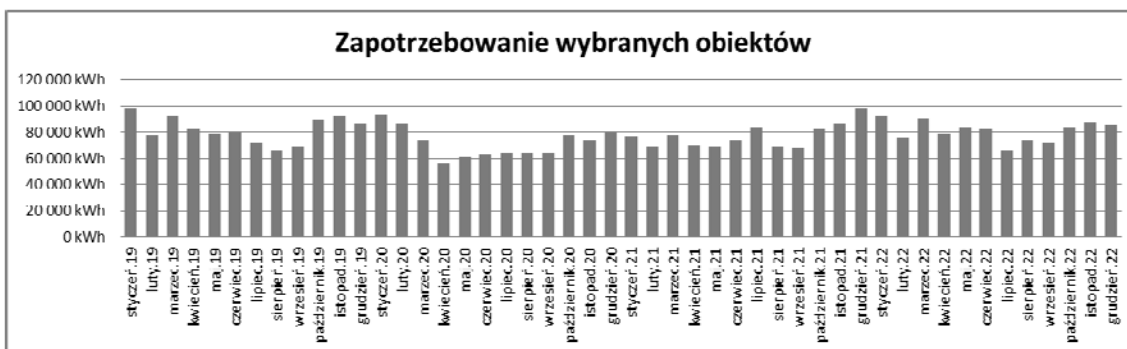
Rys. 7. Miesięczne zapotrzebowanie na energię elektryczną w obiekcie sportowym w okresie 2019-2022



Rys. 8. Miesięczne zapotrzebowanie na energię elektryczną w węźle ciepłym budynku w okresie 2019-2022



Rys. 9. Miesięczne zapotrzebowanie na energię elektryczną w głównym budynku naukowo-dydaktycznym w okresie 2019-2022



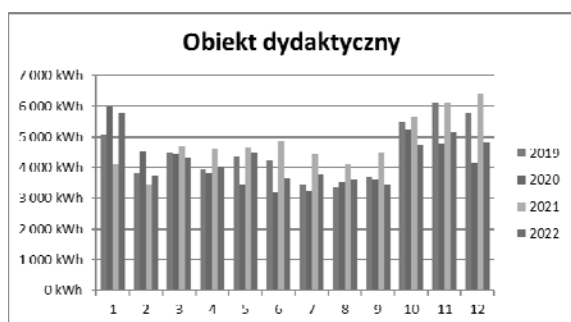
Rys. 10. Miesięczne zapotrzebowanie na energię elektryczną w reprezentatywnej grupie budynków w okresie 2019-2022

Analiza danych związanych ze zużyciem energii elektrycznej w wybranych obiektach akademickich w okresie 2019-2022

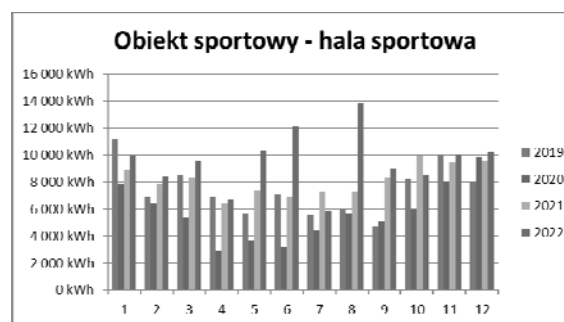
Obiekty akademickie zużywają energię elektryczną w celu zapewnienia odpowiednich warunków pracy, komfortu oraz realizacją zadań związanych z bezpieczeństwem oraz prowadzeniem zajęć. Na rys. 11, rys. 13, rys.15 oraz rys. 17 przedstawiono zużycie energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach dla każdego rozpatrywanego roku w wybranych obiektach.

Na rys. 12, rys. 14, rys. 16 i rys. 18 przedstawiono roczne zużycie energii elektrycznej w analizowanych obiektach i układach zasilania.

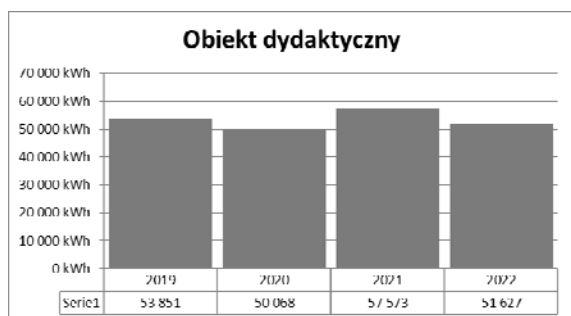
Dla obiektu dydaktycznego, charakterystyczne i zgodne z przewidywaniami jest zwiększone zużycie energii elektrycznej w okresie jesienno-zimowym. W okresie XI 2020 – I 2021 widać znaczne ograniczenie zużycia spowodowane przejściem nauki z tryb pracy zdalnej.



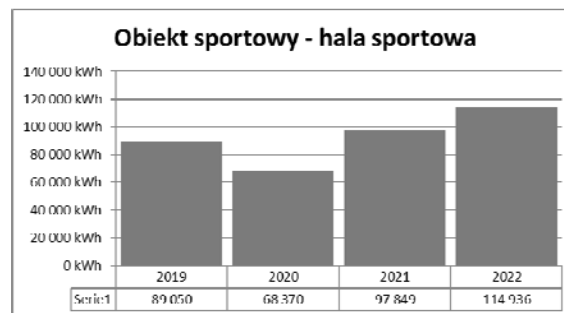
Rys. 11. Porównanie zużycia energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach roku dla obiektu 1



Rys. 13. Porównanie zużycia energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach roku dla obiektu 2

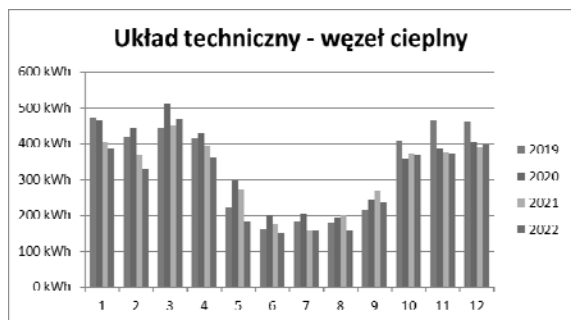


Rys. 12. Roczne zużycie energii elektrycznej w obiekcie 1

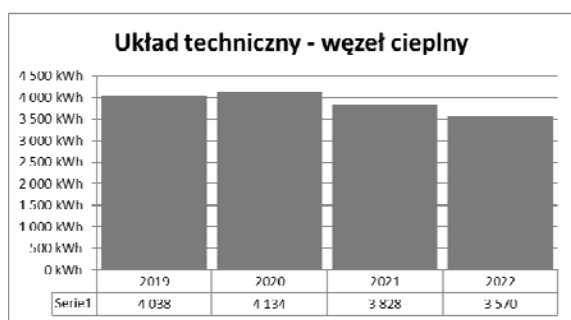


Rys. 14. Roczne zużycie energii elektrycznej w obiekcie 2

Dla obiektu sportowego znaczący spadek zużycia energii elektrycznej to rok 2020. Obiekty sportowe najbardziej restrykcyjne odczuły zdalny tryb nauki. Zajęcia na hali sportowej poza pewnymi wyjątkami (sekcje AZS oraz kluby sportowe) były prowadzone poza infrastrukturą Uczelni.

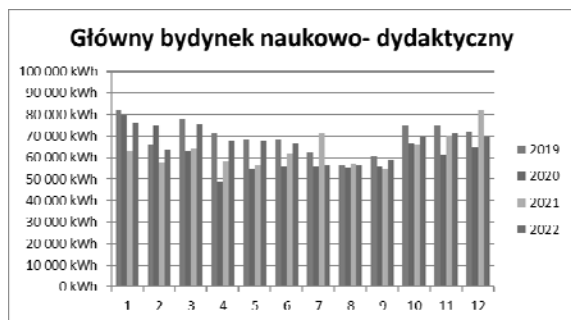


Rys. 15. Porównanie zużycia energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach roku dla obiektu 3

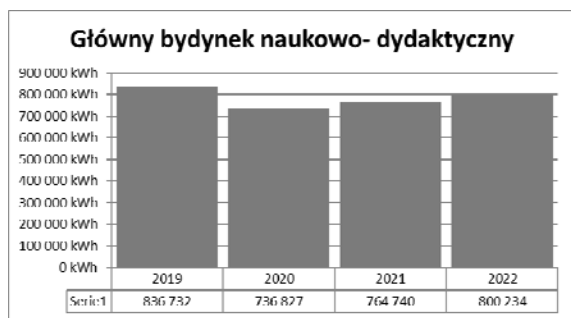


Rys. 16. Roczne zużycie energii elektrycznej w obiekcie 3

Układ zasilania węzła cieplnego jest najbardziej charakterystyczny. Sezonowo włączane są urządzenia do obsługi układu CO, stąd charakterystyczne siodelko w miesiącach letnich.

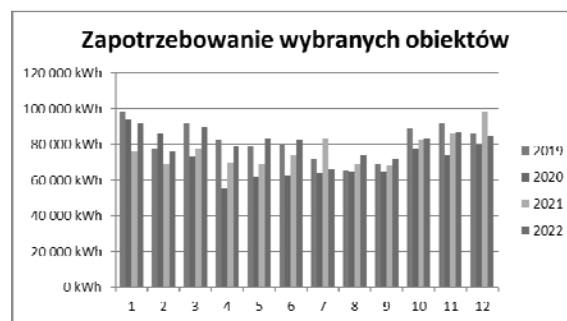


Rys. 17. Porównanie zużycia energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach roku dla obiektu 4

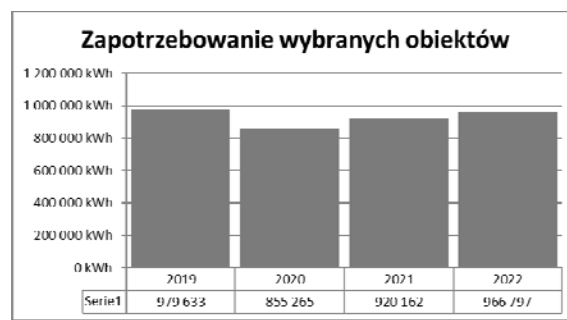


Rys. 18. Roczne zużycie energii elektrycznej w obiekcie 4

Analizując wykresy dla głównego budynku naukowo-dydaktycznego kampusu widać pewne obniżenie zapotrzebowania na energię elektryczną w okresie pandemii i systematyczne dochodzenie do wartości wieloletnich w latach 2021 i 2022. Obiekt ten jest najbardziej wyposażony w układy automatyki, oraz znajduje się w nim główna infrastruktura teleinformatyczna Uczelni, a także licznej grupy poszczególnych jednostek. To wyposażenie pracuje w zasadzie 24/7 i często wymaga również dodatkowych jednostek zarządzających klimatem danych pomieszczeniach.



Rys. 19. Porównanie zużycia energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach roku dla reprezentatywnej grupy obiektów akademickich



Rys. 20. Roczne zużycie energii elektrycznej dla reprezentatywnej grupy obiektów i układów zasilania

Na rys. 19 i rys. 20 pokazane zostały wykresy miesięczne i roczne prezentujące zużycie energii elektrycznej dla wybranej grupy obiektów akademickich. Na wykresach miesięcznych widoczne jest tąpnięcie zużycia energii elektrycznej w III 2020 (początek pandemii COVID-19) i w okresie twardego lock-downu. Takie obniżenie zużycia widoczne jest przez ponad rok. W późniejszym okresie następuje proces wyrównania do poziomów sprzed pandemii. Na wykresie rocznym występuje analogiczna sytuacja, zmniejszenie w roku 2020 i odbudowa poziomów w latach 2021 i 2022.

Ciekawe porównanie jest okresu przed pandemicznego (rok 2019) i okresu od rozpoczęcia wojny na Ukrainie w II 2022. Rok 2022 charakteryzował się dynamicznymi ruchami związanymi ze zmianą cen paliw i nośników energii. Na wykresach widać tylko niewielkie różnice w zapotrzebowaniu na energię elektryczną. Mimo pewnych perturbacji na rynkach paliw, rynkach energii i wroście cen nośników energii budynki akademickie, w przypadku normalnego realizowania procesów dydaktycznych nie są podatne w sposób znaczący na ograniczenia. Można domniemywać, że procesy realizowane w sposób standardowy, w tych samych warunkach są tak samo kosztochłonne niezależnie od ceny nośników energii.

Podsumowanie

Zapewnienie odpowiednich warunków funkcjonowania nowoczesnych budynków wiąże się ze stałym dostarczaniem do nich mediów energetycznych. W przedstawionym okresie (lata 2019-202) budynki akademickie były eksploatowane w różnym stopniu. W tym okresie występowały okresy: normalnej pracy, twardego lock-downu, miękkiego lock-downu, praca hybrydowa i zdalna, funkcjonowanie budynków w warunkach narzuconych ograniczeń.

Przedstawiona analiza zużycia energii elektrycznej w budynkach akademickich wykazała, że w porównaniu do normalnego okresu użytkowania (rok odniesienia 2019) zaobserwowano, że okresy anomalii odcisnęły swoje zauważalne piętno i widoczne były czasowe zmniejszenia zużycia poboru energii elektrycznej związane z ograniczeniem funkcjonowania tych obiektów.

Zmniejszenie zużycia energii elektrycznej dla całych budynków było zauważalne, ale nie spektakularne. Oznacza to, że nowoczesne budynki użyteczności publicznej (a takimi były akademickie budynki) charakteryzują się pewnym poziomem zapotrzebowania na energię elektryczną i ta wartość stanowi dla nich pewną bazę o stałej wartości. Jest to spowodowane tym, że systemy infrastruktury technicznej zapewniające komfort i bezpieczeństwo użytkowania charakteryzują się stałym zapotrzebowaniem na energię elektryczną i nie można ich po prostu wyłączyć. W najbardziej krytycznym miesiącu, podczas twardego lock-downu (kwiecień 2020) zapotrzebowanie na energię elektryczną w budynkach spadło zaledwie o około 30%. Okres ten charakteryzowała się w zasadzie wyłączeniem budynków z normalnej eksploatacji, ich zamknięciem powodowanym i przejściem na tryb pracy zdalnej.

W funkcjonowaniu nowoczesnych obiektów budowlanych dużą rolę odgrywają systemy automatyki budynkowej zapewniające komfort i bezpieczeństwo. są to układy wprowadzane na wyposażenie budynków stosunkowo niedawno. Takie układy trudno dostosować do trybu oszczędzania energii, gdyż wprowadzane w nieodległej przeszłości były już zaprogramowane na skuteczne i efektywne wykorzystanie energii.

Obiekty o charakterze akademickim są obiektami niewrażliwymi na obostrzenia i ograniczenia. Misja Uczelni w zakresie kształcenia, nauki oraz sportu musi przebiegać w określonych warunkach. Zatem zapotrzebowanie na energię elektryczną trudno jest ograniczyć bez wdrożenia pewnych zadań modernizacyjnych. Widać to wyraźnie w przypadku porównania zużycia energii elektrycznej w roku 2019 i roku 2022. W większości analizowanych obiektów zużycie energii elektrycznej w obu okresach jest podobne. W przypadku węzła cieplnego różnice spowodowane są długością okresów grzewczych, a w przypadku hali sportowej wykorzystania energii elektrycznej w bardziej znaczący sposób do celów grzewczych (atrakcyjna cena energii elektrycznej wynikająca z umowy długookresowej).

Zastosowanie narzędzi i programów analitycznych służących do bieżącej kontroli parametrów technicznych oraz wykonywanie symulacji umożliwia sprawdzenie kosztów dostarczania energii elektrycznej w różnych wariantach i prognozując różne scenariusze.

Wprowadzanie własnych, dostosowanych do danego typu obiektu parametrów i kryteriów oceny ułatwia prowadzenie gospodarki elektroenergetycznej.

Finansowanie: Fundusz dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Lubelskiej **FD-20/EE-2/402**

Autor: dr inż. Marcin Buczaj, Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Elektrotechniki i Elektrotechnologii, ul. Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin, E-mail: m.buczaj@pollub.pl.

LITERATURA

- [1] Buczaj M., Environmentally friendly electricity management [W]: Advanced Technologies for Energy and Environment, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej 2023, 165-182
- [2] Buczaj M., Michalak D.: Smart City - Elementy zarządzania środowiskiem i infrastrukturą miasta inteligentnego. *Wydawnictwo Texter*, Warszawa 2018
- [3] Dechnik M., Moskwa Sz., Benchmarking w elektroenergetycznych systemach dystrybucyjnych, Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska – IAPGOS, nr 1/2-015, 37-44
- [4] Dechnik M., Moskwa Sz., Smart House – inteligentny budynek – idea przyszłości, *Przegląd Elektrotechniczny*, 93 (2017), nr 9, 267-270, 1-10
- [5] Horyński M., Majcher J. Application of cloud computing in programming intelligent electric networks in prosumers' households, *Journal of Ecological Engineering*, 17(5)/2016, 107-113
- [6] Kęsik J. Bober D., Metoda sterowania zużyciem energii elektrycznej uwzględniająca zróżnicowane tryby zasilania, *Przegląd Elektrotechniczny*, 90 (2014), nr 3, 231-234
- [7] Kornatka M., Efektywność kompensacji mocy biernej – studium przypadku, *Przegląd Elektrotechniczny*, 98 (2022), nr 12, 267-270
- [8] Lis P., Piesyk J., Zużycie energii elektrycznej i efektywność budynków – charakterystyka i prognozy, *Fizyka budowli w teorii i praktyce*, Tom VII, nr 3/2016, 21-28.
- [9] Majcher J., Intelligent building: comfort and safety, *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, vol. 16 (2016), nr 1, s. 21-24
- [10] Michalak P., Zapotrzebowanie na energię elektryczną w budynku jednorodzinym a zmienność sezonowa energii ze źródeł odnawialnych, *Elektrotechnika i elektronika*, Tom 29, zeszyt 1-2, 2010, 8-13
- [11] Mikulik J., Budynek Inteligentny. Tom II. Podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010
- [12] Ministerstwo Energii, Polityka energetyczna Polski do roku 2030. Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku. Załącznik 2. do projektu „Polityki energetycznej polski do 2030 roku”, Warszawa 2019
- [13] Piekarski W., Stoma M., Dudziak A., Funkcjonowanie systemu zarządzania energią i środowiskiem na przykładzie budynków użyteczności publicznej, *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy transportowe*, Nr 10/2011, 339-346
- [14] Sinopoli J., Smart building system for architects, owners and builders. *Elsevier*, New York 2010
- [15] Wiatr J., Miegoń M.: Zasilanie budynków użyteczności publicznej oraz budynków mieszkalnych w energię elektryczną – Część I. *Dom Wydawniczy MEDIUM*, Warszawa 2012
- [16] <https://www.numeron.pl/energia4/>
- [17] <https://www.meternetpro.pl/>