

dr inż. Tomasz SZUL

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,  
Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych  
ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków  
e-mail: tomasz.szul@ur.krakow.pl

# CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA OBIEKTÓW OŚWIATOWYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANEJ GMINY POWIATU KRAKOWSKIEGO

Streszczenie

Sporządzono charakterystykę energetyczną dziesięciu obiektów oświatowych na terenie gminy Krzeszowice. Roczne zużycie energii w szkołach to 1,84 GWh. Średnia wartość wskaźnika zapotrzebowania na energię końcową EK wynosi  $270 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Wartość tego wskaźnika waha się od 200 do  $337 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Przeprowadzona analiza standardu energetycznego określonego przez współczynnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP, pozwoliła wyłonić placówki spełniające kryteria zapisane w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury dotyczącym warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Spośród dziesięciu obiektów zaledwie trzy charakteryzują się wartością niższą od dopuszczalnej, która wynosi  $312 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ . W dwóch placówkach oświatowych wartość wskaźnika EP przekracza wartość graniczną ponad 30%.

**Słowa kluczowe:** energia; charakterystyka energetyczna; standard energetyczny; tereny wiejskie; szkoły; zużycie energii; analiza; Polska

## Wprowadzenie

Przyjęta przez Sejm ustawa *O efektywności energetycznej* [7] określa cel w zakresie oszczędności energii. Nakazuje ona, aby jednostki sektora publicznego pełniły wzorcową rolę w zakresie objętym przepisami dyrektywy 2006/32/WE [2], tzn. w zakresie oszczędnego gospodarowania energią. Stawia wymóg stosowania przez jednostki sektora publicznego środków wzrostu efektywności energetycznej, które są efektywne ekonomicznie tzn. przynoszą największe oszczędności energii w najkrótszym czasie. Ponadto mają one informować obywateli o działaniach podejmowanych w ramach pełnienia tej wzorcowej roli. Działania podejmowane przez jednostki sektora publicznego, do których zaliczamy gminy, skupiają się głównie na podnoszeniu standardu energetycznego obiektów oświatowych poprzez ich termomodernizację. Zgodnie z zapisami Dyrektywy 2002/91/WE [1] w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, wprowadzono obowiązek sporządzania świadectwa charakterystyki energetycznej dla każdego budynku, dla którego w wyniku przebudowy lub remontu (przeprowadzonej termomodernizacji) uległa zmianie charakterystyka energetyczna. Jednocześnie zdefiniowano, że charakterystyka energetyczna określa wielkość nakładów nieodnawialnej energii pierwotnej (EP), wyrażonej w  $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ , niezbędnej do zaspokojenia różnych potrzeb związanych z użytkowaniem budynku. W przypadku obiektów oświatowych sporządzając charakterystykę należy określić zapotrzebowanie na energię użytkową na cele ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej, oświetlenia wbudowanego a także na napęd urządzeń pomocniczych współpracujących z systemem c.o. oraz c.w.u. Na tej podstawie określa się zapotrzebowanie na energię końcową (EK) oraz wyznacza wartość wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (EP). Tak obliczony wskaźnik należy porównać z wartością graniczną, która jest określona w zapisach zawartych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [6].

Celem pracy było porównanie efektywności energetycznej obiektów oświatowych administrowanych przez gminę Krzeszowice z wartością graniczną wyrażoną w postaci wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (EP). Zakres pracy obejmuje: określenie zużycia energii końcowej na cele ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej, oświetlenia a także na napęd urządzeń pomocniczych, które współpracują z systemem grzewczym, oraz wyznaczanie wskaźnika zapotrzebowania na energię końcową (EK) w poszczególnych placówkach oświatowych.

## Wyniki badań i ich analiza

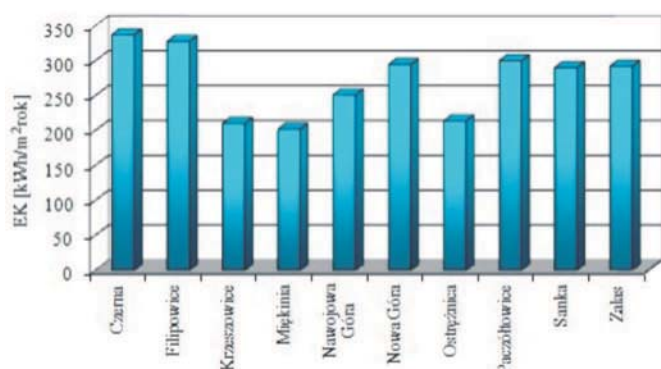
Badania przeprowadzono w dziesięciu placówkach oświatowych znajdujących się na terenie gminy Krzeszowice, która wchodzi w skład powiatu krakowskiego. Analizowane szkoły w ostatnich latach przeszły termomodernizację polegającą na dociepleniu przegród zewnętrznych oraz modernizacji systemu grzewczego. Szkoły są ogrzewane przy pomocy nowoczesnych kotłów z palnikami gazowymi. Obliczenia zapotrzebowania na energię końcową EK oraz energię pierwotną EP wykonano zgodnie z metodologią obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową [3, 4]. W tab. 1 zestawiono podstawowe dane dotyczące analizowanych obiektów.

Całkowita powierzchnia ogrzewana szkół na analizowanym obszarze wynosi ok. 7 tys.  $\text{m}^2$ , uczęszcza do nich ok. 1,5 tys. uczniów. Łącznie zużycie energii końcowej wynosi 1,84  $\text{GWh} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Cechą charakterystyczną szkół w gminach miejsko-wiejskich jest duże zróżnicowanie powierzchni placówek i liczby uczniów uczących się w nich. W analizowanej gminie powierzchnia szkół waha się od ok. 300  $\text{m}^2$  w sołectwie Czerna do blisko 1700  $\text{m}^2$  w mieście Krzeszowice, uczy się w nich od ok. 70 do 550 uczniów. Najwięcej energii zużywa szkoła w Krzeszowicach ( $0,35 \text{ GWh} \cdot \text{rok}^{-1}$ ), najmniej zaś szkoła w Miękini ( $0,08 \text{ GWh} \cdot \text{rok}^{-1}$ ). Aby móc porównać ze sobą poszczególne obiekty obliczono dla nich wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową EK w  $\text{kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$ , a wyniki obliczeń zestawiono na rys. 1.

Tab. 1. Podstawowe informacje o obiektach będących przedmiotem badań

Table 1. Basic information about the objects of research

Wyszczególnienie	Powierzchnia ogrzewana $A_r$ [m <sup>2</sup> ]	Liczba uczniów $L_i$	Zużycie energii końcowej $Q_{n,d}$ [MWh · rok <sup>-1</sup> ]
Szkoła Podstawowa w Czernej	328	95	110,6
Szkoła Podstawowa w Filipowicach	640	150	209,7
Szkoła Podstawowa w Krzeszowicach	1675	550	352,0
Szkoła Podstawowa w Miękinii	395	68	79,7
Szkoła Podstawowa w Nawojowej Górze	748	99	187,8
Zespół Szkół w Nowej Górze	856	118	252,1
Szkoła Podstawowa w Ostreżnicy	564	102	120,6
Szkoła Podstawowa w Paczółtowicach	354	85	106,2
Szkoła Podstawowa w Sance	457	107	132,5
Zespół Szkół w Zalasiu	1001	163	292,3
Razem w gminie	7018	1537	1843,5

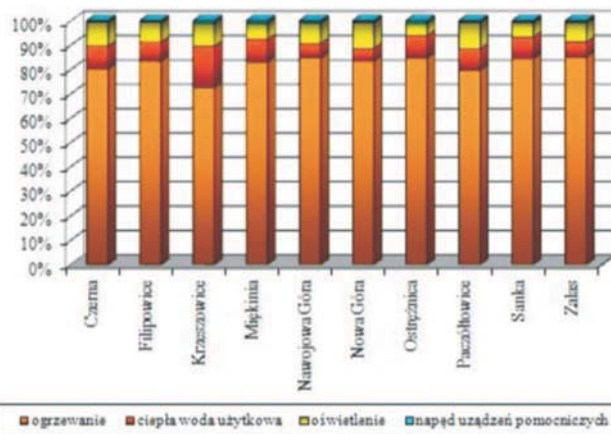


Rys. 1. Wartość wskaźnika zapotrzebowania na energię końcową dla poszczególnych obiektów oświatowych  
Fig. 1. The value of the index final energy demand for different educational facilities

Budynki poddane termomodernizacji zgodnie z rozporządzeniem w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego [5] powinny się cechować izolacyjnością przegród zewnętrznych zgodną z wytycznymi zawartymi w WT 2008 [6]. Analizowane budynki były poddane termomodernizacji, zatem wydawać by się mogło, że będzie cechowało je podobne jednostkowe zużycie energii. Przeprowadzona analiza pozwoliła określić to zużycie w poszczególnych szkołach. Wskaźnik jednostkowego zużycia

energii zawiera się w przedziale od 200 do 337 kWh · rok<sup>-1</sup> przy średnim zużyciu wynoszącym ok. 270 kWh · rok<sup>-1</sup>. Najmniej energii w przeliczeniu na 1 m<sup>2</sup> zużywają obiekty zlokalizowane w miejscowościach Miękinia i Krzeszowice najwięcej w Czernej i Filipowicach.

Przeprowadzona analiza pozwoliła określić w poszczególnych placówkach udział zużycia energii na cele ogrzewania, przygotowania ciepłej wody użytkowej, oświetlenia oraz na napęd urządzeń pomocniczych systemu grzewczego. Wyniki obliczeń zestawiono na rys. 2.

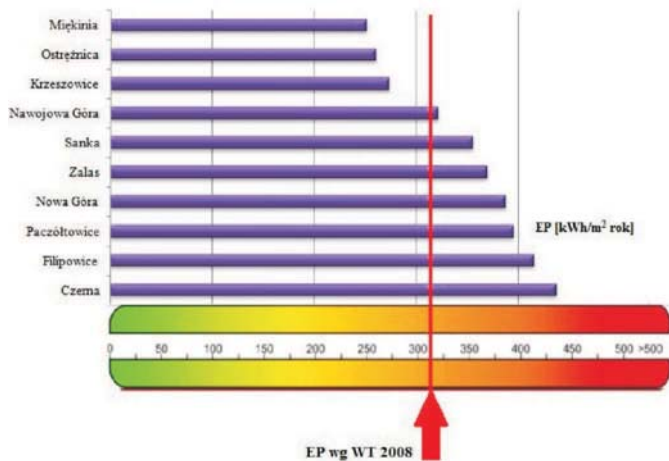


Rys. 2. Struktura zużycia energii w analizowanych budynkach  
Fig. 2. The structure of energy consumption for analyzed buildings

Najwięcej energii zużywane jest na ogrzewanie obiektów. W ciągu roku na ten cel zużywa się średnio 82% energii. W analizowanych szkołach udział ten zmienia się od 72% w Krzeszowicach do 85% w Zalasie. Na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej przypada od 5% w Nawojowej i Nowej Górze do 16% w Krzeszowicach. Na oświetlenie zużywa się średnio 8,5% energii, przy czym w poszczególnych placówkach zmienia się on od 5% w Ostreżnicy do 11% w Paczółtowicach.

Wykonane zgodnie z metodologią [4] obliczenia zużycia energii pozwoliły określić roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną EP kWh·m<sup>-2</sup>·rok<sup>-1</sup> do ogrzewania, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz oświetlenia wbudowanego. Pozwoliło to na sprawdzenie czy obiekty oświatowe spełniają drugie z kryteriów, jakie jest zapisane w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, dla budynków użyteczności publicznej poddanych termomodernizacji. Obiekt spełnia wymagania, jeżeli współczynnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP jest mniejszy lub równy niż zapisany w rozporządzeniu, przy czym dla budynków modernizowanych dopuszcza się zwiększenie tego wskaźnika o 15% w porównaniu z budynkiem nowopowstałym. Wartość graniczna współczynnika EP (powiększona o 15%) dla analizowanych obiektów wynosi 312 kWh·rok<sup>-1</sup>. Obliczone dla poszczególnych szkół współczynniki EP porównano z wartością graniczną i przedstawiono w formie graficznej na rys. 3.

Spośród analizowanych obiektów zaledwie trzy mieszczą się poniżej wartości granicznej, są to szkoły z miejscowości Miękinia, Ostreżnica i Krzeszowice, dla których współczynnik EP zawiera się w przedziale 250-270 kWh·m<sup>-2</sup>·rok<sup>-1</sup>. Najwyższym zapotrzebowaniem na nieodnawialną energię pierwotną charakteryzują się placówki zlokalizowane w Filipowicach i w Czernej dla których wartość graniczna współczynnika EP jest przekroczona o ponad 100 jednostek.



Rys. 3. Charakterystyka energetyczna obiektów oświatowych w gminie Krzeszowice

Fig. 3. The energy performance of educational facilities in the municipality of Krzeszowice

### Podsumowanie

Roczne zużycie energii w dziesięciu obiektach oświatowych do których uczęszcza 1,5 tys. uczniów wynosi 1,84 GWh. Jednostkowe zużycie energii końcowej w poszczególnych placówkach zawiera się w przedziale 200-337 kWh · m<sup>-2</sup>·rok<sup>-1</sup>. Średnia wartość wskaźnika EK wynosi 270 kWh · m<sup>-2</sup>·rok<sup>-1</sup>. Przeprowadzona analiza standardu energetycznego określonego przez współczynnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP, pozwoliła wyłonić placówki spełniające kryteria zapisane w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, dla budynków użyteczności publicznej

poddanych termomodernizacji. Zaledwie trzy obiekty charakteryzują się wartością niższą od dopuszczalnej wynoszącej 312 kWh · m<sup>-2</sup>·rok<sup>-1</sup>. W przypadku dwóch obiektów wartość wskaźnika EP przekracza wartość graniczną ponad 30%.

### Bibliografia

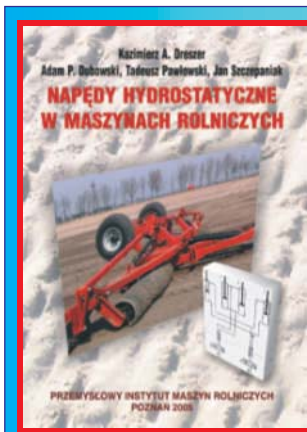
- [1] Dyrektywa 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.
- [2] Dyrektywa 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych.
- [3] Robakiewicz M.: Metodyka sporządzania świadectw energetycznych budynków i mieszkań. Fundacja Poszanowania Energii. Warszawa, 2009.
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej. (Dz.U. nr 201, poz. 1240).
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 201, poz. 1238).
- [7] Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej. (Dz.U. nr 94, poz. 551).

## ENERGY CHARACTERISTICS OF EDUCATIONAL FACILITIES IN THE ADMINISTRATIVE COMMUNE OF KRAKOW DISTRICT

### Summary

Energy performance was calculated in ten educational facilities in the municipality Krzeszowice. Annual energy consumption in schools is 1.84 GWh. Average value of the final energy demand is 270 EK kWh · m<sup>-2</sup> · year<sup>-1</sup>. The value of this ratio varies from 200 to 337 kWh · m<sup>-2</sup> · year<sup>-1</sup>. Analysis of energy standard specified by the ratio of EP, aided to identify buildings that meet the criteria stored in the WT 2008. Out Of ten schools only three are below the permissible value, which is 312 kWh · m<sup>-2</sup> · year<sup>-1</sup>. In two school buildings EP index value exceeds the limit over 30%.

**Key words:** energy; power grid; energy characteristics; energy standard; rural areas; schools; power consumption; analysis; Poland



### NAPĘDY HYDROSTATYCZNE W MASZYNACH ROLNICZYCH

ISBN 83-921598-2-9

Książka adresowana jest do studentów uczelni rolniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawiera wybrane zagadnienia z mechaniki płynów i właściwości cieczy roboczych, opis budowy oraz działania poszczególnych maszyn hydraulicznych. Ponadto przedstawia przykładowe urządzenia hydrauliczne w wybranych maszynach rolniczych, a także diagnostykę układów hydraulicznych.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych

60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31

tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;

e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>