

# Analiza zużycia energii oraz możliwości termomodernizacyjnych w budynkach mieszkalnych i mieszkalno-usługowych na terenie Zielonej Góry

Dr inż. Abdrahman Alsabry, Wydział Inżynierii i Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski,  
dr inż. Maja Staniec, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

## 1. Wprowadzenie

Dane przedstawione w niniejszym artykule są wynikiem przeprowadzonych analiz dotyczących charakterystyki budynków wybudowanych w różnych latach na terenie Zielonej Góry. Opracowane wyniki są częścią projektu badawczego pt.: „Analiza możliwości i skutków socjoekonomicznych wzrostu efektywności energetycznej w budownictwie” w ramach strategicznego projektu badawczego „Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków”.

Budynki poddano analizie pod względem: ich konstrukcji, technologii w jakiej zostały zbudowane, funkcji, powierzchni użytkowej, kubatury, wentylacji, zużycia energii na ogrzewanie, na przygotowanie ciepłej wody użytkowej, energii elektrycznej, wody, ścieków, itp. Analizowano również możliwości termomodernizacyjne tych obiektów pod kątem już przeprowadzonych działań termomodernizacyjnych, jak również tych planowanych.

Powyższe dane zebrano przeprowadzając ankiety wśród zarządców analizowanych obiektów, których celem były między innymi: inwentaryzacja przedmiotowo-techniczna w wybranych obszarach osadniczych z uwzględnieniem typowych budynków, oszacowanie jakości energetycznej budynków oraz wielkości i struktury potencjału zwiększenia efektywności energetycznej, rodzaju infrastruktury dla modeli architektoniczno-urbanistycznych, pod kątem potencjalnego zwiększenia efektywności energii.

Badania przeprowadzono głównie na budynkach należących do Zakładu Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej ZGKiM w Zielonej Górze. Badania oparto na zestawie pytań skierowanych do zarządców budynków. Składały się one z 30 pytań zamkniętych i otwartych. Większość z nich miała wiele podpunktów. Pytania podzielono na dwie grupy: na informacje ogólne o budynku oraz informacje szczegółowe. Pytania ogólne dotyczyły m.in.: roku wybudowania

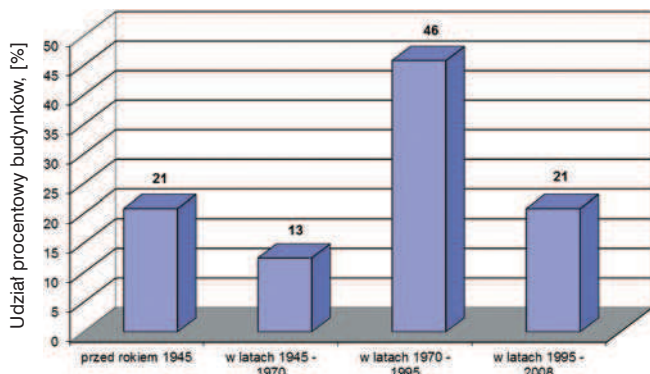
budynków, ich orientacji względem stron świata, funkcji, typu zabudowy. Pytania szczegółowe dotyczyły m.in. powierzchni użytkowej, kubatury budynków, rodzaju przegród zewnętrznych, a przede wszystkim dotyczyły instalacji c.o. i c.w.u., a w szczególności zużycia energii. Ankietowanych pytano również o opłaty jednostkowe za energię oraz o planowane inwestycje termomodernizacyjne. Ankietowanie przeprowadzono od 15.11.2010 r. do 30.11.2010 r. na terenie Zielonej Góry.

## 2. Charakterystyka analizowanych budynków

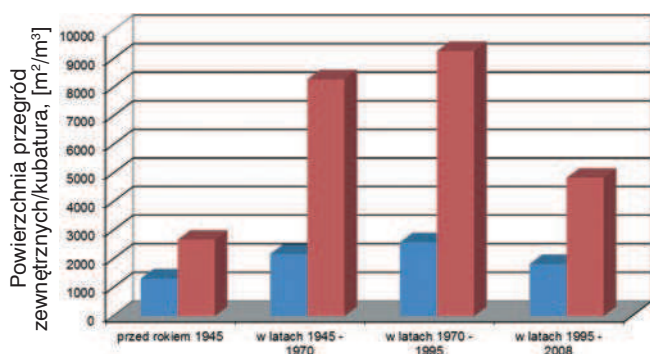
W grupie wybranych budynków znajdowały się budynki wybudowane głównie w technologii tradycyjnej oraz pełniące różną funkcję, tj.: mieszkalną, mieszkalno-usługową, usługową, przemysłową oraz inną. W niniejszym artykule – celem klarowniejszego przedstawienia wyników – przedstawiono dane wyłącznie dla budynków mieszkalnych i mieszkalno-usługowych, w których zazwyczaj tylko kondygnacja parteru pełniła funkcję usługową, a pozostałe kondygnacje – funkcję mieszkalną.

Do analizy wybrano kilkadziesiąt budynków wybudowanych w różnym okresie lat (rys. 1). Wybór zakresu lat przedstawiono na wykresie 1. Ponad 20% budynków wybudowano przed 1945. W okresie 1945÷1970 wybudowanych zostało 13% budynków, blisko połowa, tj. 46% analizowanych budynków powstała w latach 1970÷1995, a 21% wzniesiono w latach 1995÷2008.

Analizę techniczną rozpoczęto od kubatury ogrzewanej budynków oraz sumarycznej powierzchni przegród zewnętrznych otaczających kubaturę ogrzewaną, tj., sumy powierzchni wszystkich ścian, stropodachu (dachu) i podłogi (stropu nad nieogrzewaną piwnicą). Wyniki przedstawiono na wykresie 2. Średnia kubatura ogrzewana w budynkach wybudowanych w latach 1945÷1995 wynosi pomiędzy 8000 a 9000 m<sup>2</sup> i są to zwykle budynki wysokie, wielopiętrowe. Prawie dwa razy mniejszą kubaturę ogrzewaną mają



**Rys. 1.** Procent budynków wybudowanych w danym zakresie lat



**Rys. 2.** Powierzchnia przegród zewnętrznych w odniesieniu do kubatury analizowanych budynków

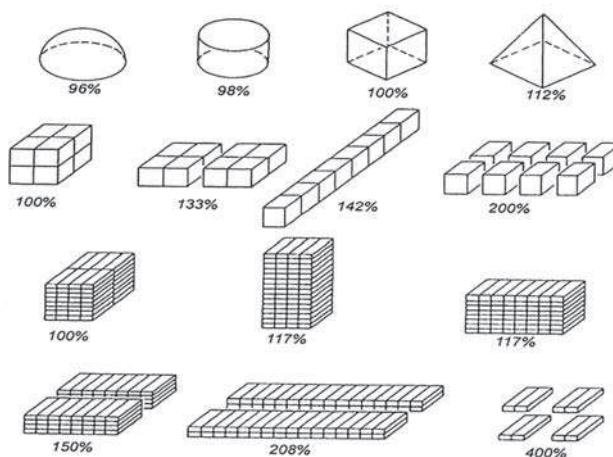
budynki wzniesione w latach 1996÷2008, tj. około 5000 m<sup>2</sup>. Natomiast najmniejsza kubatura ogrzewana charakteryzuje budynki wybudowane przed rokiem 1945, tj. 2500 m<sup>3</sup>. Średnia powierzchnia przegród otaczających kubaturę ogrzewaną w budynkach wybudowanych w latach 1945÷1995 wynosi 2000 m<sup>2</sup>. Mniejszą powierzchnię mają budynki wzniesione w latach 1996÷2008, tj. około 1500 m<sup>2</sup>. Natomiast najmniejsza powierzchnia przegród zewnętrznych charakteryzuje budynki wybudowane przed rokiem 1945, tj. 1000 m<sup>2</sup>. Kubatura ogrzewana budynków oraz powierzchnia przegród zewnętrznych ją otaczających są niezwykle ważnymi czynnikami służącymi analizie budynków pod kątem ich energooszczędności. Jednak analiza tych danych osobno nie mówi nic o „predyspozycjach” budynku do stopnia energochłonności. Analizie poddaje się natomiast współczynnik kształtu budynku, czyli A/V [1/m]. Określa on stopień zwartości bryły budynku. Powierzchnia A [m<sup>2</sup>] nie jest powierzchnią użytkową budynku, lecz powierzchnią przegród zewnętrznych otaczających kubaturę ogrzewaną, czyli jest sumą np. powierzchni dachu, ścian zewnętrznych wraz z otworami i podłogi. Następnie powierzchnię tę dzieli się na kubaturę ogrzewaną budynku. Najlepszymi kształtami budynków są takie, które mają najmniejszą powierzchnię przegród zewnętrznych w stosunku do kubatury. Doskonałym kształtem jest

kula. W budownictwie zazwyczaj kul się nie stosuje, czyli kształtem najlepszym pod względem zwartości bryły jest sześcian. Oznacza to, że energia zamknięta w jego kubaturze ma najmniejsze pole powierzchni przez które może „ucieć”.

Celem bliższego przedstawienia czytelnikowi tego problemu, na rysunku 3 pokazano wpływ kształtu budynku na straty ciepła, zakładając że 100% występuje w budynku o bryle sześcianu [1].

Pod kątem strat ciepła – a co za tym idzie zapotrzebowania na energię – najlepsze są budynki o bryle zwartej. Przeprowadzono zatem analizę budynków pod kątem współczynnika kształtu A/V.

Widać zatem, że w latach 1945÷1995 budynki kształtowane jako bardziej zwarte, tj. o średnim współczynnikiem kształtu pomiędzy około 0,30 a 0,35 [1/m].



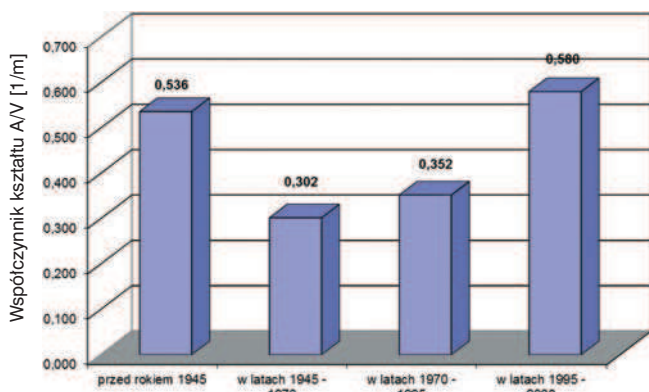
**Rys. 3.** Straty ciepła w zależności od kształtu bryły budynku w odniesieniu do sześcianu [1]

W późniejszym okresie budynki miały współczynnik kształtu średnio około 0,58 [1/m]. Podobnie było przed rokiem 1945, gdzie średni współczynnik kształtu analizowanych budynków wynosił około 0,54 [1/m]. Warto tu równocześnie zwrócić uwagę na liczbę kondygnacji w budynkach. W latach 1945÷1970 liczba kondygnacji analizowanych budynków wynosiła średnio 4, podczas gdy w latach 1970÷1995 średnio wynosiła 7 kondygnacji. Stąd właśnie tak duża różnica wartości współczynnika kształtu. Przy czym, liczba kondygnacji w analizowanej grupie budynków wybudowanych przed rokiem 1945 była podobna jak w przypadku budynków wznoszonych obecnie, tj. około 3 kondygnacji. Jednak najlepsze pod kątem kształtowania zwartości bryły budynku były budynki wybudowane w latach 1945÷1995.

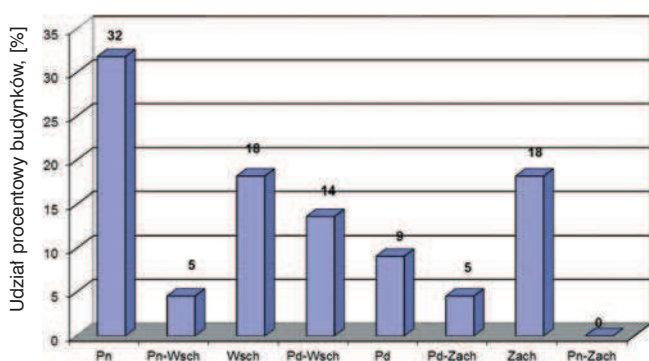
### 3. Analiza zużycia energii w analizowanych budynkach

#### 3.1. Orientacja względem stron świata

Zapotrzebowanie budynków na energię w dużej mierze zależy od orientacji budynków względem stron świa-



Rys. 4. Współczynnik A/V [1/m] analizowanych budynków



Rys. 5. Orientacja budynków względem stron świata

ta, w szczególności elewacji najbardziej przeszklonej. Pomieszczenia zorientowane na kierunek, na którym jest największe promieniowanie słoneczne, oznacza, że uzyskują one najwięcej energii słonecznej, która będzie „darmowym” zyskiem energii cieplnej. Zatem największe zyski od promieniowania słonecznego – a co za tym idzie mniejsze zapotrzebowania na energię grzewczą – będą miały budynki, których elewacja przeszklona zorientowana jest na kierunek południowy, a następnie kierunek wschodni i zachodni [2].

W tabeli poniżej przedstawiono orientację względem stron świata głównych elewacji analizowanych budynków. Zaskakujące jest, że aż 37% analizowanych budynków zorientowanych jest na kierunki północne. 28% budynków zorientowanych jest na kierunki południowe. 18% budynków ma elewację na kierunek wschodni i tyle samo na kierunek zachodni. Na poprawną orientację budynków, a w szczególności ich najbardziej przezierną elewację często nie pozwala kształt działki, otaczająca zabudowa czy najtrudniejsze do prawidłowego rozwiązania – rozmieszczenie mieszkań po obu stronach budynku.

### 3.2. Zużycie energii cieplnej na ogrzewanie i wentylację c.o., na przygotowanie ciepłej wody użytkowej c.w.u. i energii elektrycznej

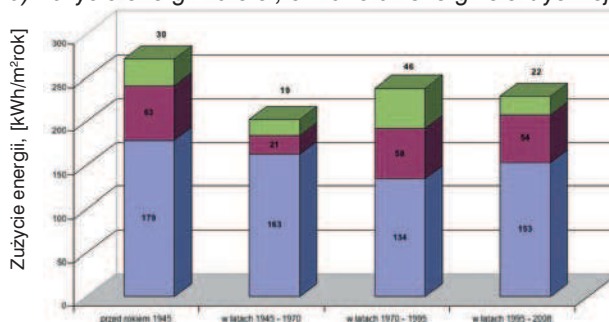
W tabeli poniżej przedstawiono zużycie energii cieplnej na centralne ogrzewanie c.o., przygotowanie

ciepłej wody użytkowej c.w.u. oraz energii elektrycznej w analizowanych budynkach. Wartości te przedstawiono w zależności od roku wybudowania jako wartość zużycia energii (rys. 6a) oraz w wartościach procentowych (rys. 6b). Dane przedstawiono w kWh/m<sup>2</sup>rok na 1 m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej budynków.

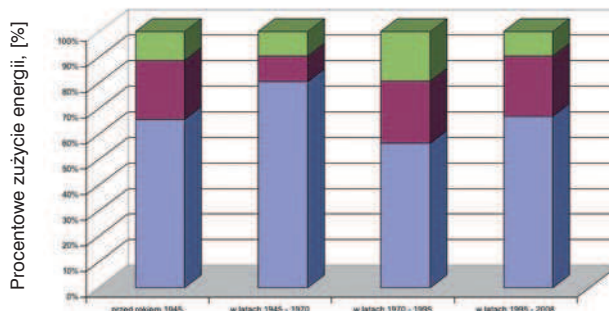
Jak widać, największe zapotrzebowanie na energię grzewczą na c.o. mają budynki wybudowane przed rokiem 1945, tj. około 180 kWh/m<sup>2</sup>rok (rys. 6a). Wynika to przede wszystkim stąd, że w większości analizowanych przypadków budynki te nie są izolowane termicznie. Budynki wzniesione w kolejnych latach charakteryzują się coraz mniejszym zużyciem energii cieplnej na c.o. Budynki wybudowane w latach 1945÷1970 zużywają około 163 kWh/m<sup>2</sup>rok, a te wzniesione 1970÷2008 zużywają od 134 do 153 kWh/m<sup>2</sup>rok.

Inaczej wygląda problem w przypadku analizowania zużycia energii na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej. Obserwuje się zmniejszanie się zużycia energii na c.w.u. wraz z biegiem lat. Przed rokiem 1945 w budynkach z analizowanej grupy zużycie to wynosiło aż 63 kWh/m<sup>2</sup>rok. W latach 1975÷1990 spadło do wartości 58 kWh/m<sup>2</sup>rok, osiągając w latach 1995÷2008 wartość równą 54 kWh/m<sup>2</sup>rok. Jednak zużycie energii w budynkach wybudowanych w latach 1945÷1970 burzy tę tendencję, co może wynikać z błędów aparatury pomiarowej lub z nadgorliwej oszczędności energii przez mieszkańców.

a) zużycie energii na c.o., c.w.u. oraz energii elektrycznej



b) procentowe zużycie energii na c.o., c.w.u. oraz energii elektrycznej



Rys. 6. Zużycie energii na ogrzewanie i wentylację – c.o., na przygotowanie ciepłej wody użytkowej – c.w.u. oraz energii elektrycznej w analizowanej grupie budynków

**Tabela 1.** Porównanie całkowitego zużycia energii w budynkach ze współczynnikiem kształtu

Rok wybudowania	przed 1945	1945 ÷ 1970	1970 ÷ 1995	1995 ÷ 2008
Całkowita energia na c.o., c.w.u. i elektryczna [kWh/m <sup>2</sup> rok]	272	203	238	229
Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,536	0,302	0,352	0,580

Analizując zużycie energii elektrycznej można zauważyć, że jej zużycie kształtuje się pomiędzy 19 kWh/m<sup>2</sup>rok w latach 1945÷1970 do wartości 46 kWh/m<sup>2</sup>rok w latach 1970÷1995. Znaczne różnice w wynikach oraz niestabilność wartości zużycia energii elektrycznej może wynikać z tego, że w części analizowanych budynków znajdują się lokale usługowe, które zużywają zdecydowanie więcej energii elektrycznej niż lokale mieszkalne. Warto podkreślić, że zwykle około 70÷80% całkowitej energii przeznaczone jest na ogrzanie budynków (rys. 6b.), średnio około 10÷250% całkowitej energii na przygotowanie ciepłej wody użytkowej i około 10÷20% na energię elektryczną.

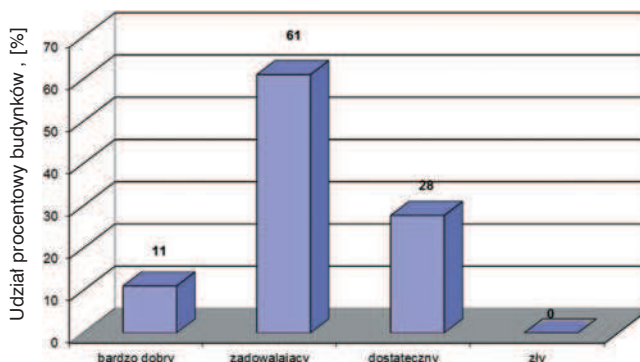
Odnosząc powyższe wartości do współczynników kształtu budynków z każdej grupy analizowanych obiektów można zauważyć, że charakter zmiany wartości sumarycznego zużycia energii ma podobny charakter jak zmiana wartości współczynnika A/V (tabela 1).

Jak widać, najmniejsze zużycie energii charakteryzuje budynki o najniższym współczynniku kształtu, tj. budynki wzniesione w latach pomiędzy 1945 a 1970 (całkowite zużycie energii równe około 203 kWh/m<sup>2</sup>rok przy A/V=0,302 [1/m]) oraz rokiem 1970÷1995 (całkowite zużycie energii równe około 238 kWh/m<sup>2</sup>rok przy A/V=0,352 [1/m]). Najwyższe zużycie energii charakteryzuje jednak budynki nieposiadające najwyższej wartości współczynnika kształtu. Dotyczy to budynków wybudowanych przed rokiem 1945 (zużycie energii równe około 272 kWh/m<sup>2</sup>rok przy A/V=0,536 [1/m]). Najwyższą wartość współczynnika kształtu posiadają budynki datowane na lata 1995÷2008 (A/V=0,580 [1/m]). Jednak mają one niższe zużycie energii niż budynki sprzed roku 1945, tj. około 229 kWh/m<sup>2</sup>rok. Wynika to z prostej przyczyny – budynki sprzed roku 1945 nie były izolowane, jak w przypadku tych współczesnych i możliwe, że z powodu starej instalacji grzewczej są dogrzewane piecykami elektrycznymi, stąd też większe w nich zużycie energii.

#### 4. Możliwości termomodernizacyjne

Mimo, że stan techniczny budynków objętych analizą określa się jako ogólnie dobry (rys. 7) większość analizowanych budynków jest wciąż przed termomodernizacją. Zarządcy twierdzą, że większość budynków jest w stanie zadowalającym, tj. ponad 60%. Około 11% analizowanych budynków jest w dobrym stanie technicznym. Stan techniczny blisko 30% budynków oceniony jest na dostateczny. Stanu technicznego żadnego z budynków nie oceniono jako zły.

Zarządcy oraz użytkownicy budynków zauważyli, że termomodernizacja budynków jest niezwykle



**Rys. 7.** Stan techniczny analizowanych budynków

ważna i zdecydowanie poprawia jakość życia oraz komfort cieplny użytkowników budynków, jak i podnosi atrakcyjność budynków w przypadku budynków o funkcji usługowej. Stąd, coraz więcej budynków poddawanych jest termomodernizacji (rys. 8). Część analizowanych budynków, tj. 30% jest już po całkowitej lub częściowej termomodernizacji. Mniej budynków, tj. 20% jest w trakcie termomodernizacji. Jednak zdecydowana większość budynków, tj. 50% jest jeszcze przed termomodernizacją.

Zarządcy większości analizowanych budynków deklarują, że w najbliższym czasie (tj. w okresie 5 lat) zostaną przeprowadzone prace remontowe mające na celu poprawę charakterystyki energetycznej budynków. Najczęściej wymienianymi w ankietach planowanymi pracami są:

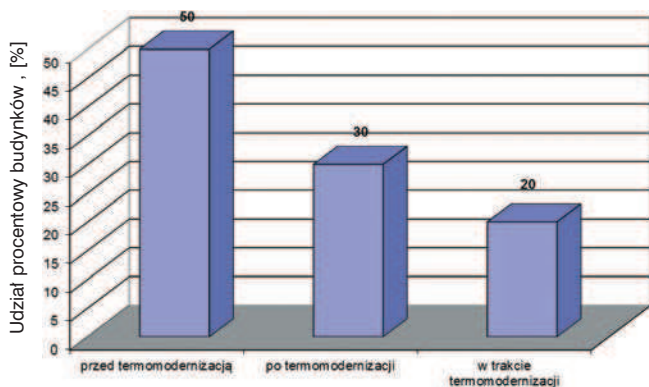
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- wymiana stolarki okiennej i drzwiowej,
- montaż lub wymiana na nowe zaworów termostatycznych,
- wymiana kotła c.o. lub c.w.u.,
- instalacja systemu paneli słonecznych do wspomaganie instalacji c.w.u.

Również spojrzenie na zużycie wody przez jednego mieszkańca analizowanej grupy budynków wskazuje na rosnącą świadomość i chęć oszczędzania energii oraz samej wody (rys. 9). Ta optymistyczna wizja może być jednak zaburzona przez stale rosnące ceny m<sup>3</sup> wody.

Widać wyraźnie, że zużycie wody maleje. W budynkach wybudowanych przed rokiem 1945 zużycie wynosi średnio 51 m<sup>3</sup>/osoba\*rok i konsekwentnie maleje aż do wartości 26 m<sup>3</sup>/osoba\*rok w latach 1995÷2008.

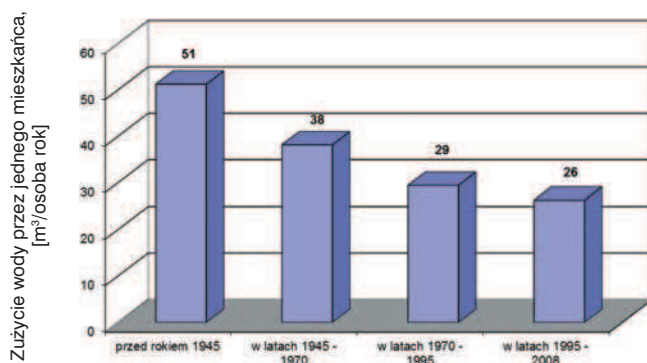
#### 5. Podsumowanie

Coraz większa świadomość zarówno zarządców, jak i samych mieszkańców sprawia, że chętniej decydują



**Rys. 8.** Procent budynków poddanych termomodernizacji

się oni na termomodernizację budynków. Często przyczynia się do tego możliwość dofinansowania ze strony Banku Ochrony Środowiska, a także funduszy europejskich. Najczęściej wybieranym przez zarządców sposobem poprawy bilansu cieplnego budynków jest docieplenie ścian zewnętrznych i stropodachu (dachu). Rzadziej jest to ocieplenie stropu nad nieogrzewaną piwnicą. Dodatkowo sami mieszkańcy, wymieniając na własny koszt starą drewnianą stolarkę na plastikową przyczyniają się również do zmniejszenia zapotrzebowania budynku na energię. Mimo zdecydowanie zwiększonej aktywności zarządców i mieszkańców



**Rys. 9.** Zużycie wody przez jednego mieszkańca w budynkach w odniesieniu do lat ich wzniesienia

w działaniach termomodernizacyjnych, wciąż ponad połowa budynków w badanej grupie nie jest objęta termomodernizacją ani nie ma jej w planach zarządu.

**BIBLIOGRAFIA**

- [1] Mikoś J., „Budownictwo ekologiczne”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1996
- [2] Kopietz-Unger J., „Założenia planowania przestrzennego na rzecz ochrony klimatu i oszczędności energii”. Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2010
- [2] Laskowski L., „Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2005

Producent markowych konferencji oraz autorskich produktów dla środowiska architektoniczno-budowlanego.

degustacja na [www.infoinvest.pl](http://www.infoinvest.pl)  
tel. 22 532 14 00

**info invest** informacja o inwestycjach  
**info invest** pracownia eventów