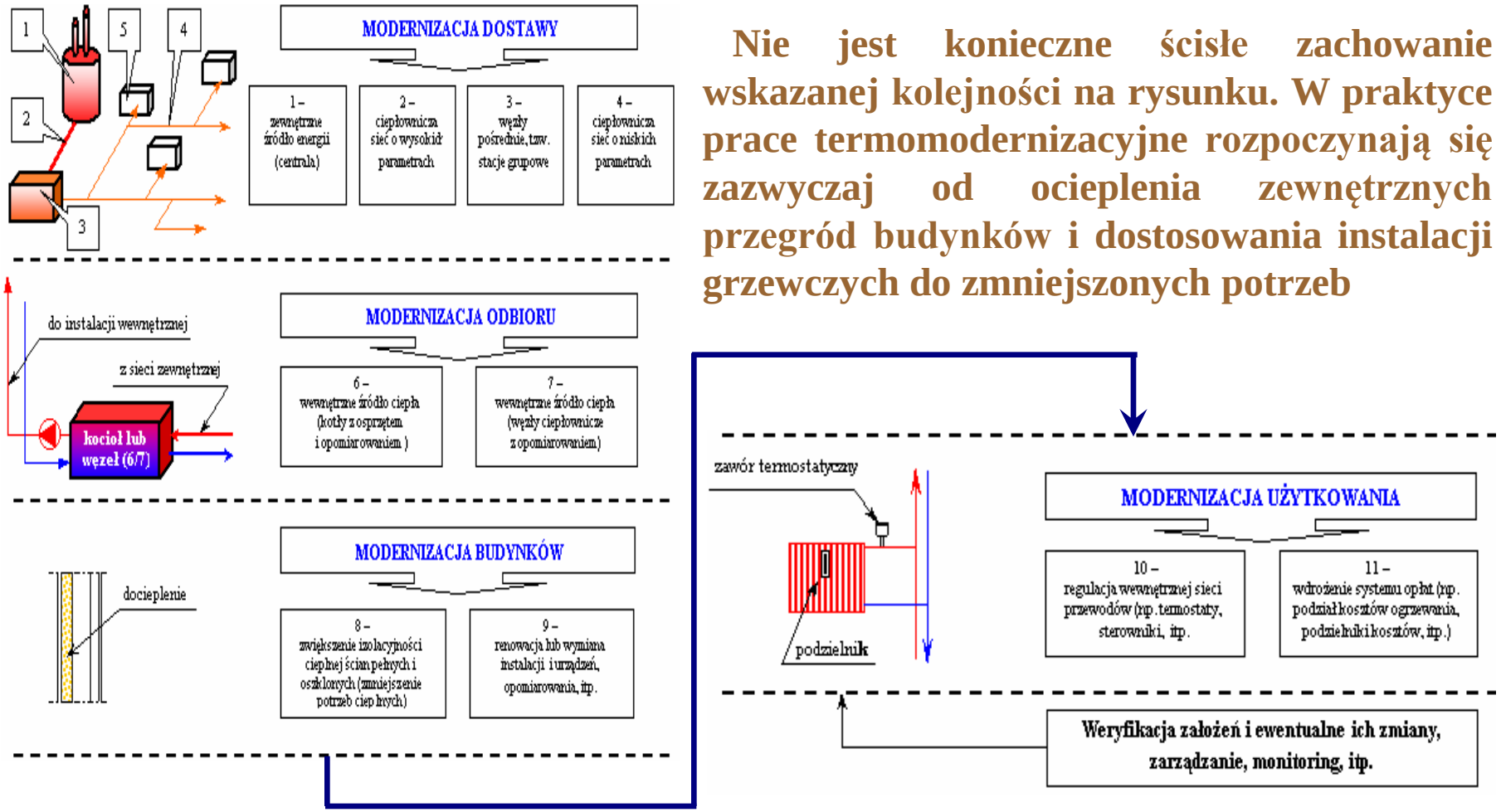
Modernizacja energetyczna budownictwa i wyposażenia technicznego

Zasady kompleksowej termomodernizacji



Nie jest konieczne ścisłe zachowanie wskazanej kolejności na rysunku. W praktyce prace termomodernizacyjne rozpoczynają się zazwyczaj od ocieplenia zewnętrznych przegród budynków i dostosowania instalacji grzewczych do zmniejszonych potrzeb

Podstawowa termomodernizacja obejmuje zmiany budowlane i w dostosowanie do nich systemów grzewczych. Zmiany budowlane to poprawa własności termicznych przegród budowlanych, likwidacja mostków cieplnych oraz uszczelnienie miejsc, w których występuje nadmierna infiltracja powietrza

Rodzaj elementu	Cel zabiegu	Sposób realizacji
Ściany zewnętrzne i ściany oddzielające pomieszczenia o różnych temperaturach	Zwiększenie izolacyjności termicznej i likwidacja mostków cieplnych	Ocieplenie dodatkową warstwą izolacji termicznej
Fragmenty ścian zewnętrznych przy grzejnikach	Lepsze wykorzystanie ciepła od grzejników	Założenie ekranów zagrzejnikowych
Stropodachy i stropy pod poddaszem nieogrzewanym	Zwiększenie izolacyjności termicznej	Ocieplenie dodatkową warstwą izolacji termicznej
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i podłogi parteru w budynkach nie podpiwniczonych	Zwiększenie izolacyjności termicznej	Ocieplenie dodatkową warstwą izolacji termicznej
Okna i świetliki dachowe	Zmniejszenie niekontrolowanej infiltracji	Uszczelnienie
"	Zwiększenie izolacyjności termicznej	Dodatkowa szyba, zastosowanie szyb ze specjalnego szkła lub wymiana okien
"	Zmniejszenie powierzchni przegród zewnętrznych o wysokich stratach ciepła	Częściowa zabudowa okien
"	Okresowe zmniejszenie strat ciepła	Okiennice, żaluzje, zasłony
Drzwi zewnętrzne	Zmniejszenie niekontrolowanej infiltracji	Uszczelnienie
"	Ograniczenie strat użytkowych	Zasłony, automatyczne zamykanie drzwi, przedsionki
"	Zwiększenie izolacyjności termicznej	Ocieplenie lub wymiana
Balkony, loggie	Utworzenie przestrzeni izolujących	Obudowa (cieplarnie)
Otoczenie budynku	Zmniejszenie oddziaływań klimatycznych (wiatru)	Osłony przeciwwiatrowe (ekrany), roślinność ochronna

Podstawowe zasady działania przy modernizacji cieplnej (energetycznej):

- poprawa struktury budowlanej wraz z modernizacją systemu grzewczego

- połączenie termomodernizacji z remontem elewacji i pokryciem dachu

- własności termiczne remontowanych obiektów powinny być lepsze niż wymagają tego obowiązujące przepisy (?)

- należy zapewnić odpowiednia wymianę powietrza w budynku (?)

- przedsięwzięcie termomodernizacyjne należy poprzedzić szczegółową analizą ekonomiczną

- jeśli termomodernizacja powoduje zmiany w wyglądzie budynku należy sporządzić projekt i uzyskać pozwolenie na budowę

Po ociepleniu zewnętrznej powłoki budynków różny może być stopień zmniejszenia potrzeb cieplnych na ich ogrzewanie (od 20% do ponad 50%). Oznacza to, co najmniej takie same zmniejszenie mocy cieplnej urządzeń centralnego ogrzewania. W zależności od stanu i stopnia zużycia instalacji jej renowacja może dotyczyć wymiany na rozwiązanie nowe lub remontu rozwiązania istniejącego z dostosowaniem do zmniejszonych potrzeb cieplnych. Najczęściej mamy do czynienia z instalacją dwururową, z dolnym rozdziałem ciepła, centralną siecią odpowietrzającą oraz regulacją hydrauliczną z kryzami dławiącymi, dla której charakterystyczne są następujące nieprawidłowości: znaczne ubytki wody grzejnej oraz nasilenie procesów korozyjnych, co ma miejsce zwłaszcza w przypadku nieszczelności i otwartego naczynia wzbiorczego, nieskuteczna regulacja hydrauliczna wynikająca nie tylko z braku możliwości regulacyjnych w kryzach dławiących, ale także z częstego ich braku, niska sprawność cieplna zastosowanych źródeł ciepła oraz brak automatycznej regulacji ich pracy (np. kotły, węzły ciepłownicze) i trudności z rozliczaniem za zużyte ciepło

WEWNĘTRZNE ŹRÓDŁA CIEPŁA (KOTŁY)

substytucja paliwa stałego na paliwo ciekłe (olejowe), gazowe, aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyczna regulacja procesu spalania paliw, sterowniki pogodowe,....

WĘZŁY CIEPŁOWNICZE

zastąpienie przestarzałych rozwiązań (np. hydroelewatorowych) lub wymiana zużytych na wymiennikowe, założenie licznika ciepła i ich wyposażenie w układy automatycznej regulacji oraz sterowniki,...

INSTALACJA OGRZEWANIA

chemiczne płukanie instalacji, jej odbudowa w postaci układu hermetycznego (przeponowe NW, miejscowe odpowietrzenia), zmiana powierzchni grzejników oraz wyposażenie w bezdławnicową armaturę i urządzenia,...

ZAWORY TERMOSTATYCZNE

zawory ze wstępną nastawą (lub bez), ewentualnie zawory zwrotne ze wstępną nastawą (na przewodzie powrotnym) oraz podpionowe zawory regulacyjno-pomiarowe,...

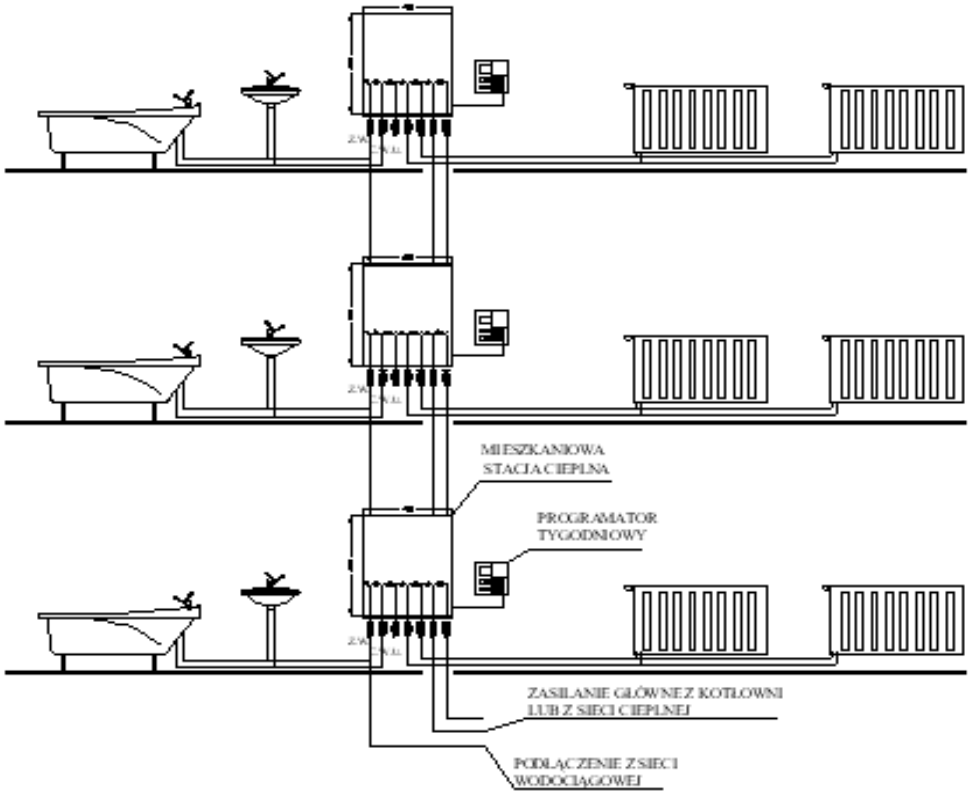
WPROWADZENIE SYSTEMU OPŁAT

Wyposażenie instalacji w zawory termostatyczne oraz wprowadzenie systemów rozliczeń i opłat są tutaj czynnościami kończącymi proces modernizacji

W stosunku do rozwiązań ciepłej wody należy pamiętać o tym że przy rozwiązaniach indywidualnych wykorzystujących typowe, przepływowe gazowe podgrzewacze wody występuje często niebezpieczeństwo pojawienia się produktów niecałkowitego spalania gazu, co stanowi istotne zagrożenie nie tylko zdrowia użytkowników. Ponadto, rozwiązania układów przygotowania ciepłej wody charakteryzować się mogą występowaniem zagrożeń związanych z bakteriami, a także, podobnie jak w instalacjach ogrzewania, brakiem równoważenia hydraulicznego, a wobec tego małą skutecznością działania

Wskazane jest zatem stosowanie dwufunkcyjnych rozwiązań, szczególnie w przypadku wymiany instalacji, co dotyczy zarówno źródeł ciepła, jak i instalacji. Wskazana jest zmiana sposobu rozdziału czynnika grzejnego i zastosowanie jedno- lub dwufunkcyjnych instalacji poziomych. Duże są wówczas możliwości programowania osłabień ogrzewania oraz łatwe jest rozliczanie użytkowników za zużyte ciepło

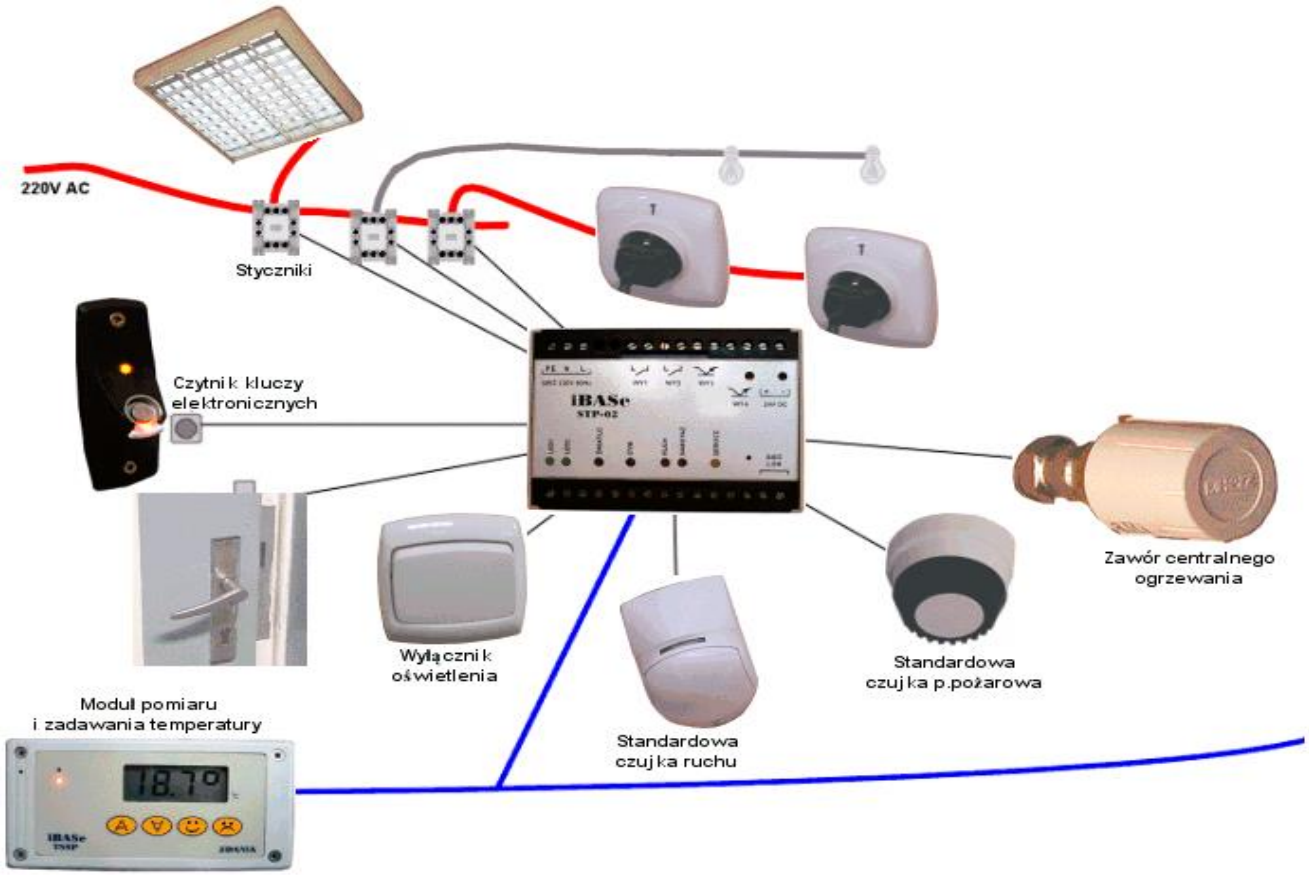
Szczególnie przydatne w tym względzie są rozwiązania MSC



W przypadku tym istnieje możliwość nieskomplikowanego przejścia z przewodów przez elementy budowlane za pomocą rur falistych ze stali nierdzewnej. Podstawową zaletą takich rozwiązań jest unifikacja rozwiązań, pozwalająca na łączenie odpowiedniej liczby odcinków pionów i wcześniej przygotowanych elementów składowych. Wśród innych zalet wymienić można przydatność do niezbyt odległego pozyskiwania ciepła ze źródeł odnawialnych

Jednym z niedocenianych efektów przedsięwzięć modernizacyjnych pojedynczych budynków może być rzadko uwzględniana możliwość dokonania ich przystosowania do sterowania pracą instalacji grzewczych. Wychodząc z założenia, że podstawowym zadaniem stawianym budynkom jest stworzenie klimatu wewnętrznego, odpowiadającego ich przeznaczeniu, wyróżnić można podstawowe elementy współdecydujące o uzyskanych efektach

Idea zintegrowanego sterowania i zarządzania budynkiem



Pierwszą grupę urządzeń tworzy sterownik pomieszczenia (iBASe-STP) obsługujący wszystkie jego funkcje, przy wykorzystaniu odpowiednio przetworzonych sygnałów pochodzących ze współpracujących z nim czujników oraz ze sterowaniem przez użytkownika lub centralę nadrzędną (komputer)

Drugą grupę urządzeń stanowią komplety elementów z rozproszonymi i indywidualnymi funkcjami (czujniki i mierniki temperatury, oświetlenia, ruchu, itp.), które za pośrednictwem sieci TP/FT-10 współpracują ze sobą i z centralną jednostką sterowniczą

Wprowadzanie takiego sterowania budynkami istniejącymi nie wchodzi w skład ogólnie przyjętych programów termomodernizacji i stosować je należy w obiektach nowych. Znaczenie tych układów w dostosowaniu obiektów do aktualnych potrzeb użytkowników jest duże lecz dotyczy głównie budynków przewidzianych do realizacji i eksploatacji w przyszłości (tworzą one tzw. budownictwo inteligentne)

W budownictwie istniejącym integracja obiektów i wyposażenia technicznego jest zazwyczaj ograniczana do zmniejszenia potrzeb cieplnych i modernizacji instalacji wewnętrznych. Wśród klasycznych celów modernizacji należy wymienić:

- ✓ **modernizację przegród zewnętrznych sprowadzającą się do zmniejszenia wartości współczynników przenikania ciepła**
- ✓ **modernizację układu wentylacji w celu zapewnienia jego pożądanej skuteczności działania (ze względów higienicznych oraz nie zwiększającej potrzeb cieplnych - ?)**

✓ **modernizację instalacji grzewczych w celu ich dostosowania do zmienionych potrzeb cieplnych oraz wprowadzania urządzeń pomiaru i rejestracji zużywanego na te cele ciepła**

Dokonywanie jakiegokolwiek z wyżej wymienionych działań jest poprzedzone pełną diagnostyką budynku, obejmującą stan i możliwości renowacji przegród oraz podstawowego wyposażenia technicznego pomieszczeń i budynków. Jest to niezbędne dla ustalenia rzeczywistych potrzeb cieplnych oraz wskazania sposobów ich ograniczania w oparciu o wielowariantową ocenę wybranych rozwiązań z uwzględnieniem rachunku ekonomicznego, nazywanym audytem energetycznym(*)

Jest on podstawą do uzyskania premii termomodernizacyjnej, przyznawanej z Funduszu Termomodernizacji, stanowiącą pomoc finansową dla inwestorów realizujących termomodernizację w oparciu o kredyty zaciągane w bankach komercyjnych i stanowić może źródło zaciągniętego kredytu na wskazane i przyjęte przez inwestora przedsięwzięcia

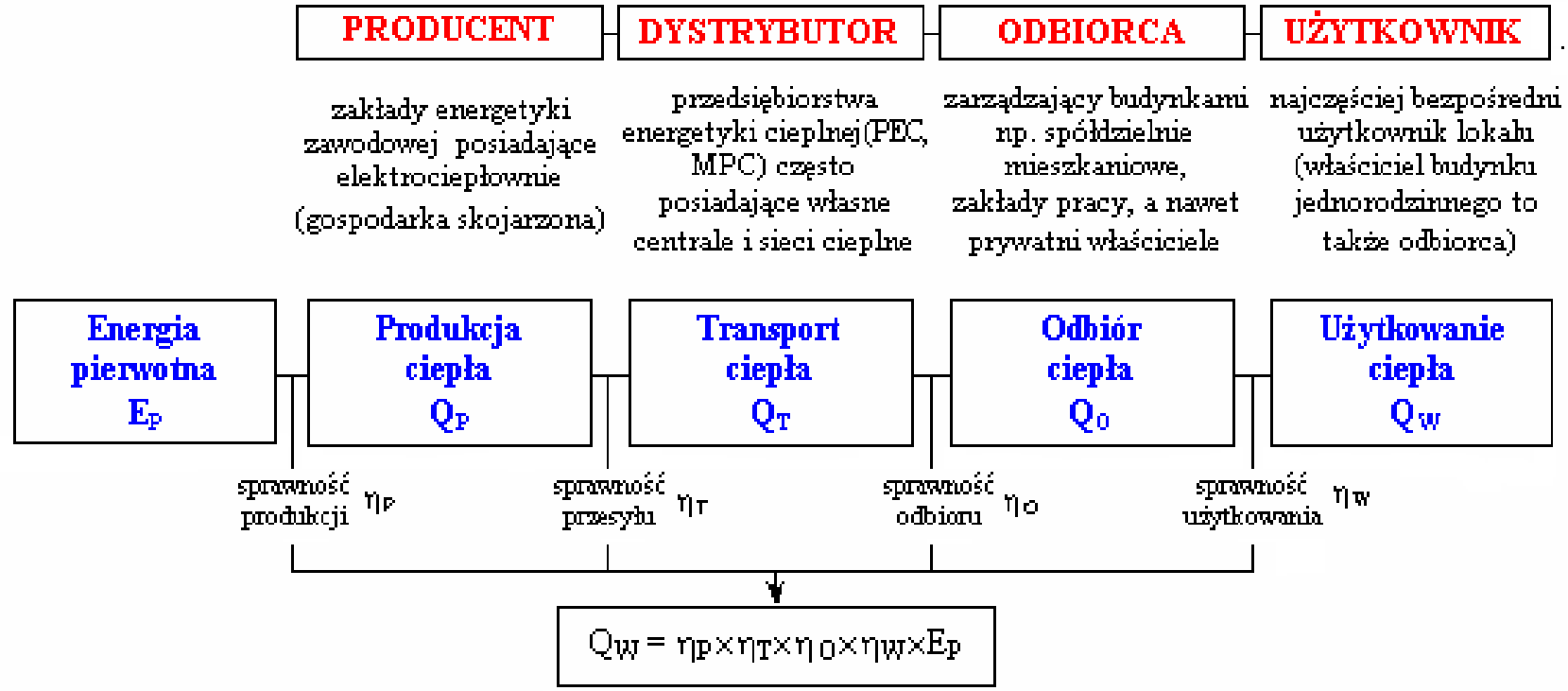
---

(*) Audyt energetyczny jest procedurą służącą głównie do przewidywania korzyści ekonomicznych związanych z zastosowaniem poszczególnych zamierzeń termomodernizacyjnych

GŁÓWNE ETAPY		OPIS ZAKRESU DZIAŁAŃ
ZADANIA	SFORMUŁOWANIE PROBLEMU	• Obniżenie zużycia energii (i w efekcie zmniejszenie kosztów dostawy) • Racjonalizacja zużycia energii (nie zawsze możliwe jest obniżenie kosztów) • Poprawa warunków eksploatacji • **Poprawa komfortu użytkowania pomieszczeń (warunki cieplne i zdrowotne)** • Ograniczanie negatywnych oddziaływań na środowisko zewnętrzne
DIAGNOSTYKA	OCENA STANU ISTNIEJĄCEGO	• Zebranie danych o budynku i jego wyposażeniu (rodzaj budynku, jego przegrody, rodzaj instalacji: ogrzewania, ciepłej wody, **wentylacji**, gazowej, **wodociągowej, kanalizacyjnej**., elektrycznej, itd.) • Dokumentacja projektowa (lub remontowa), aktualne przepisy i zarządzenia, badania ankietowe, **pomiary**, itd. • Opomiarowanie, sposób regulacji, taryfy opłat, aktualne zużycie energii (**specyfika dostawy i zużycia energii**) • **Badania modelu zachowań budynku (relacje zużycia energii w różnych warunkach - *systematyczne pomiary lub symulacje*)** • Identyfikacja przyczyn istniejącego stanu rzeczy wraz ze wskazaniem odpowiedzialnych elementów
USPRAWNIENIA	PEŁNA LISTA PRZEWIDYWANYCH DZIAŁAŃ	• Formułowanie propozycji usprawnień dotyczących budynku i jego wyposażenia (przegrody, źródła i nośniki energii, straty energii przy jej produkcji, transporcie i użytkowaniu, regulacja i automatyzacja, odzysk energii, sposoby opłat, itd.) • **Kryteria i narzędzia** do oceny skuteczności i opłacalności poszczególnych przedsięwzięć i ich wariantów • Zaplanowanie i wskazanie zakresu działań modernizacyjnych • Wybór i wskazanie źródeł finansowania (np. środki własne, dotacje zewnętrzne, kredyty, itp.)
WERYFIKACJA	ZBIERANIE DANYCH I OCENA EFEKTÓW MODERNIZACJI	• **Rozwiązanie problemu opłat za usługi energetyczne (szczególnie w zakresie użytkowania ciepła) z uwzględnieniem specyfiki pomieszczeń i budynków** • **Opracowanie, dostosowanie i wdrożenie metod ciągłej lub okresowej rejestracji związków pomiędzy zużyciem energii (na różne cele), a warunkami zewnętrznymi (parametry klimatu) oraz wewnętrznymi (mikrośrodowisko)** • **Tworzenie baz danych o budynkach, ich wyposażeniu, wprowadzanych usprawnieniach i uzyskanych efektach (energetycznych, ekologicznych, socjalnych, itd.)**

BADANIE EFEKTÓW PRZEPROWADZONYCH PRAC

Obiektem termomodernizacji mogą być także grupy budynków zasilane z systemów ciepłowniczych



Do głównych działań modernizacyjnych można zaliczyć modernizację produkcji ciepła w celu zwiększenia sprawności pozyskiwania ciepła z pierwotnej energii paliw do poziomu około 90% zamiast niecałych 80%, poprawę sprawności przesyłu ciepła rzędu 85÷90% zamiast charakterystycznej dla sieci tradycyjnych i długo eksploatowanych niewiele przekraczającej 50%

Niezbędna jest też modernizacja odbioru ciepła przez węzły ciepłownicze dla zwiększenia sprawności sięgającej 60% i uzyskania jej wzrostu przynajmniej do wartości 75÷85%

Całość działań modernizacyjnych(*) powinna mieć na celu uzyskanie do dyspozycji w budynkach przynajmniej 75% energii chemicznej paliw. Oznacza to nie tylko dostarczanie większych ilości ciepła do budynków, ale też zużycie mniejszych ilości paliwa i tym samym mniejszych ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska zewnętrznego. Poza ewentualną decentralizacją (odłączeniem od sieci), modernizacja zewnętrznych źródeł ciepła to stosowanie kotłów z paleniskami fluidalnymi, pozwalającymi na ograniczenie związków siarki i azotu w spalinach wraz z wykorzystaniem urządzeń odpylających, poprawa jakości paliw i optymalizacja procesu spalania (lub współspalania) oraz wprowadzanie skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła (układy kogeneracyjne)

(*) Można także rozważać decentralizację systemów

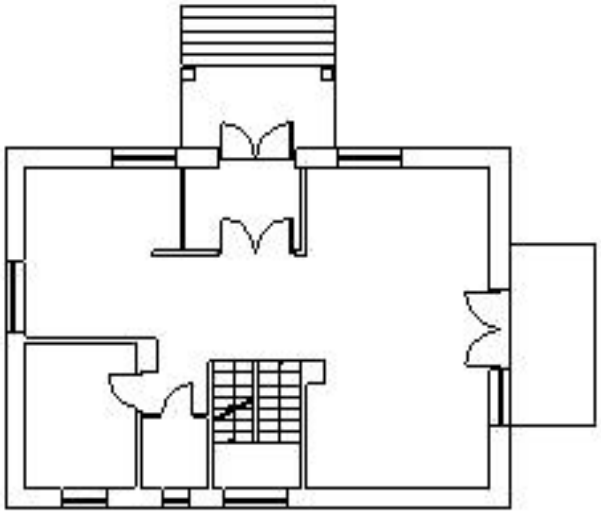
W sieciach i węzłach ciepłowniczych należy doprowadzać w uzasadnionych przypadkach do rewitalizacji tradycyjnych rozwiązań w celu ograniczenia strat ciepła i wymiany elementów sprzyjających nadmiernym ubytkom czynnika cieplnego (np. przegląd części spawanych lub zamiana kompensatorów dławnicowych na faliste), a także dokonać podziału rozległych sieci na podsystemy z jednoczesnym stosowaniem nowoczesnych źródeł ciepła

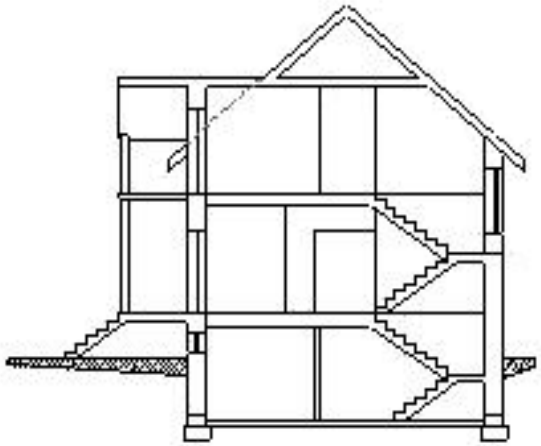
Gdy zużyciu ulegają istniejące sieci należy doprowadzać do ich wymiany na rozwiązania preizolowane (?) i równocześnie unikać stosowania czteroprzewodowych sieci, a więc np. projektując układy ciepłej wody zastosować dwufunkcyjne węzły ciepłownicze lub nawet mieszkaniowe węzły cieplne

Pożądane jest dokonanie likwidacji zużytych i niesprawnych węzłów bezpośrednich na rzecz pośrednich węzłów wymiennikowych, ze szczególnym zaleceniem stosowania wymienników płytowych i kompaktowych rozwiązań węzłów

W audycie analizowane są różne możliwości. Wykonuje się zestawienie optymalnych usprawnień i przedsięwzięć w kolejności rosnącej wartości SPBT (czas zwrotu nakładów), następnie tworzone są warianty usprawnień rozpoczynając od wszystkich przedsięwzięć, a kończąc na wariancie z przedsięwzięciem o najkorzystniejszej wartości SPBT. O wyborze wariantu decyduje najwyższa wartość NPV (suma wartości dyskontowanych)

Przykłady analiz





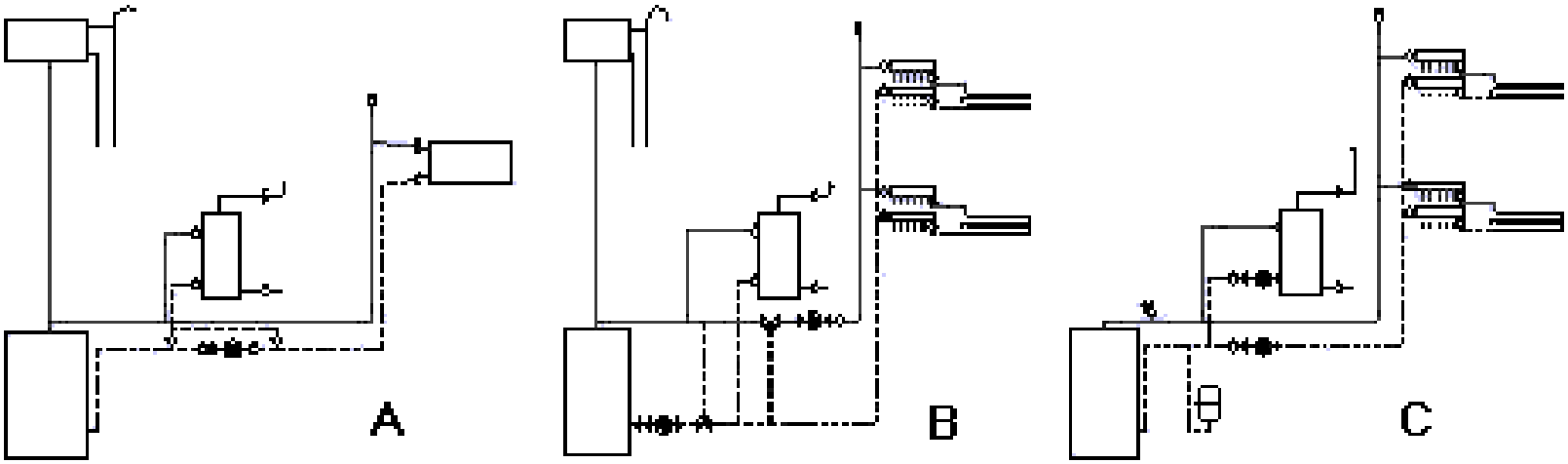
Rzut piętra i przekrój badanego budynku

Opis wersji rozwiązania przegród budynku

Wersja	Materiały użyte do budowy	E, kWh/m^{2}a
I	Pustaki *Thermopor*	111,7
II	Pustaki typu *Porotherm* 44+10 cm warstwa wełny mineralnej	70,9
III	Kształtki styropianowe wypełnione betonem (*Thermomur-300*)	70,9
IV	Pustaki *Porotherm* 44 z 20 cm warstwą wełną mineralnej	45.8
V	Jak wersja II + 10 cm warstwa wełną mineralną	19,7

Uwaga: wersję I nazwano rozwiązaniem standardowym, zaś wersję IV odrzucono ze względu na konieczność zastosowania ścian o grubości około 80cm.

Badany budynek alternatywnie wyposażano w trzy rozwiązania źródeł ciepła współpracujące z instalacjami ogrzewania zgodnie ze schematami zamieszczonymi na rysunku poniżej

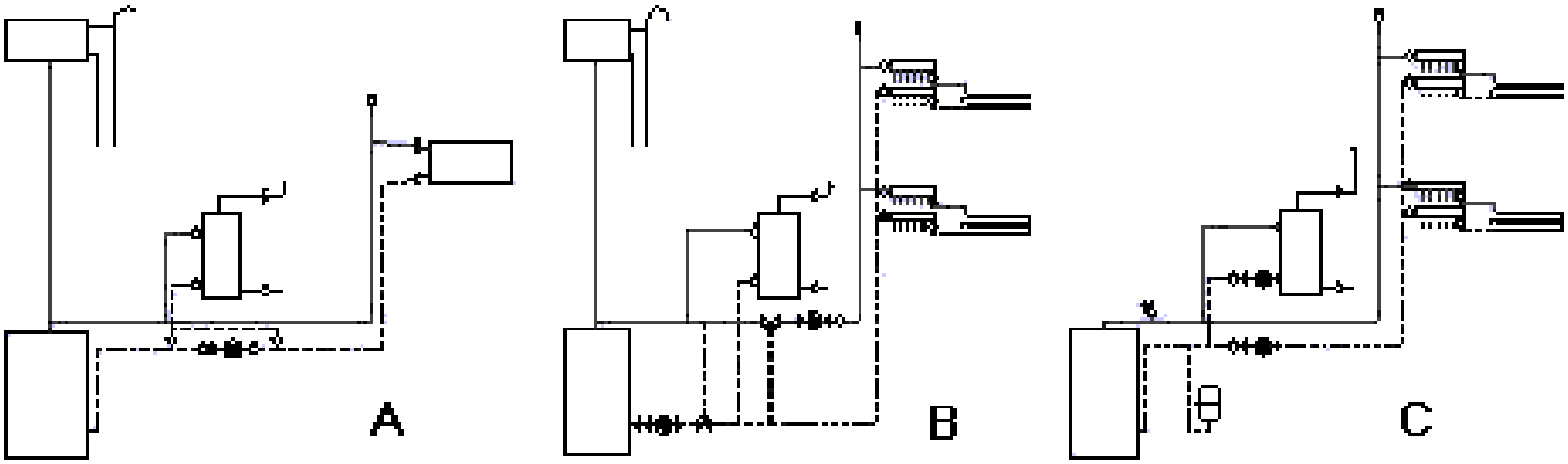


W rozwiązaniu A zastosowano nowoczesny kocioł węglowy ($\eta \cong 0{,}75$) zasilający tradycyjną instalację ogrzewania oraz zasobnik ciepłej wody.

Rozwiązanie B posiada kocioł na biomasę ($\eta \cong 0{,}8$) i instalację z otwartym naczyniem wzbiorczym, przy czym zastosowano tutaj ogrzewanie podłogowe.

Podobną instalację centralnego ogrzewania ma rozwiązanie C, zasilane kotłem gazowym kondensacyjnym ($\eta \cong 0{,}97$) i zamkniętym naczyniem wzbiorczym.

Badany budynek alternatywnie wyposażano w trzy rozwiązania źródeł ciepła współpracujące z instalacjami ogrzewania zgodnie ze schematami zamieszczonymi na rysunku poniżej

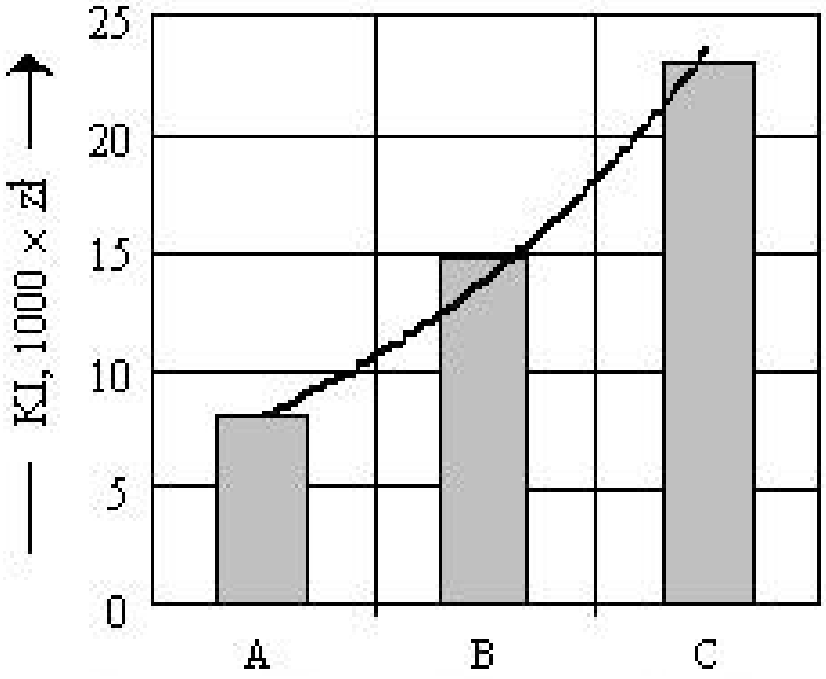


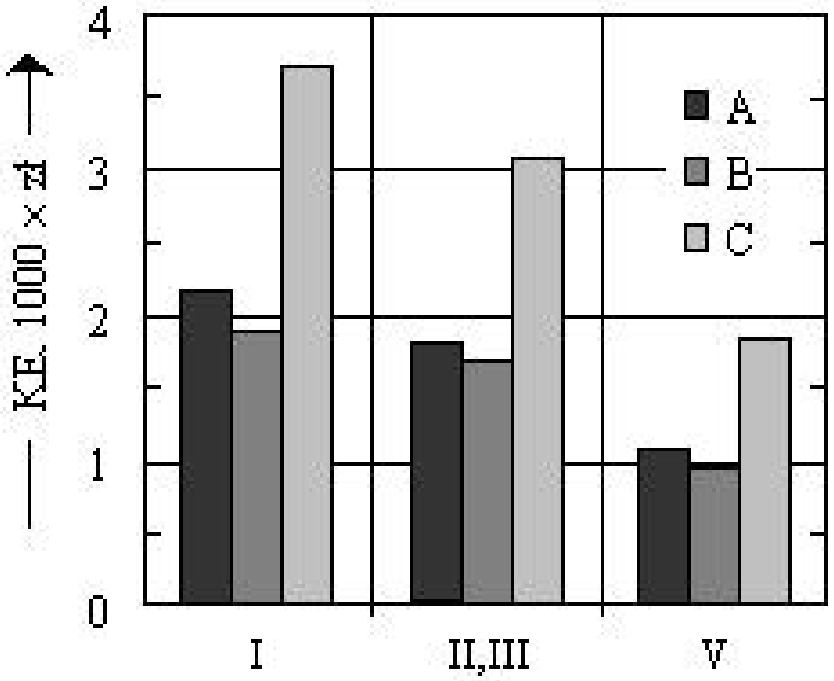
W rozwiązaniu A zastosowano nowoczesny kocioł węglowy ($\eta \cong 0{,}75$) zasilający tradycyjną instalację ogrzewania oraz zasobnik ciepłej wody.

Rozwiązanie B posiada kocioł na biomasę ($\eta \cong 0{,}8$) i instalację z otwartym naczyniem wzbiorczym, przy czym zastosowano tutaj ogrzewanie podłogowe.

Podobną instalację centralnego ogrzewania ma rozwiązanie C, zasilane kotłem gazowym kondensacyjnym ($\eta \cong 0{,}97$) i zamkniętym naczyniem wzbiorczym.

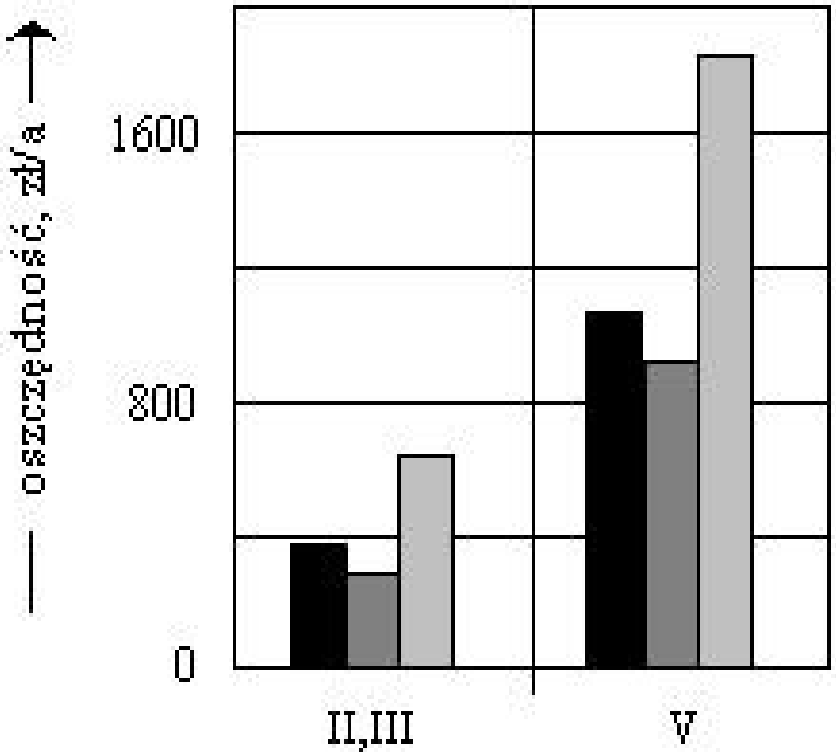
W budynku energooszczędnym zastosowano układy z nowoczesnym kotłem na drewno i kotłem gazowym (wersje II, III). Z uwagi na małe zapotrzebowanie ciepła do ogrzewania pomieszczeń oraz dynamiczne jego zmiany wynikające z pracy urządzeń domowych, operowania słońca przez okna, itp. W wersji V budynku zastosowano kocioł na gaz ziemny. Dla wszystkich koncepcji oszacowano nakłady inwestycyjne (patrz rysunek).

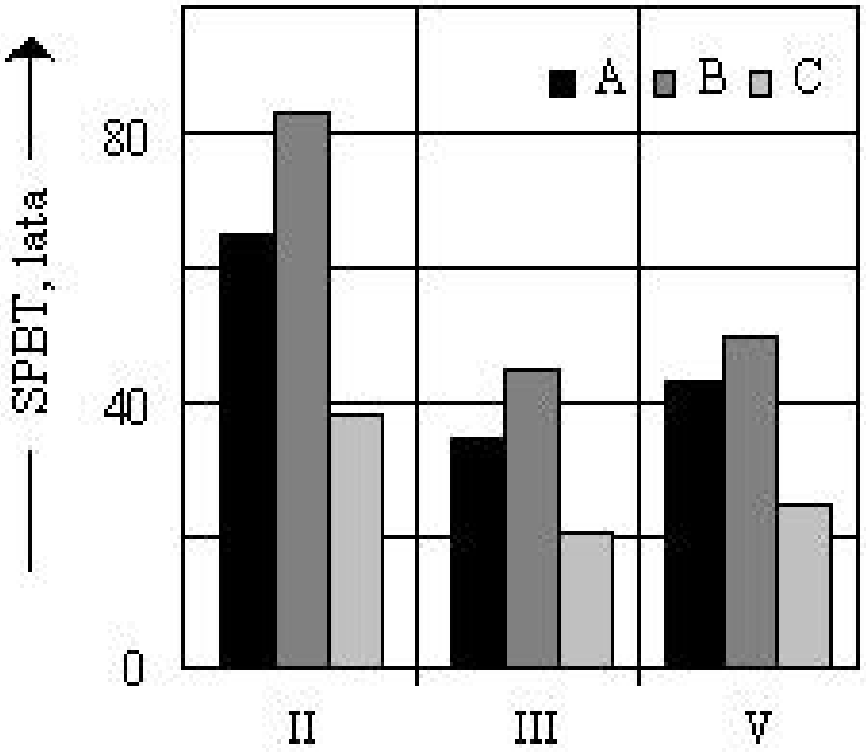




Nakłady inwestycyjne na realizację analizowanych rozwiązań instalacji grzewczych: A – węgiel kamienny (0,4 zł/kg), B – biomasa (0,2 zł/kg), C – gaz (1,2 zł/m^3).

Mając do dyspozycji roczne oszczędności wynikające ze zmniejszenia ciepła zużywanego w proponowanych rozwiązaniach i wzrost nakładów inwestycyjnych, wyznaczono prosty czas zwrotu nakładów inwestycyjnych, jako stosunek wzrostu kosztów inwestycyjnych do rocznych oszczędności



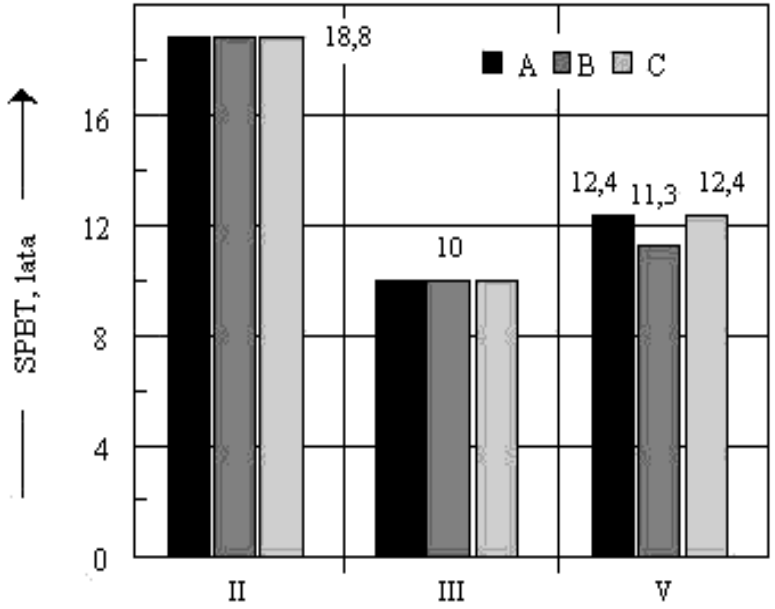


Roczne oszczędności eksploatacyjne oraz prosty czas zwrotu (SPBT) w zależności od wersji budynku i rozwiązania źródła ciepła

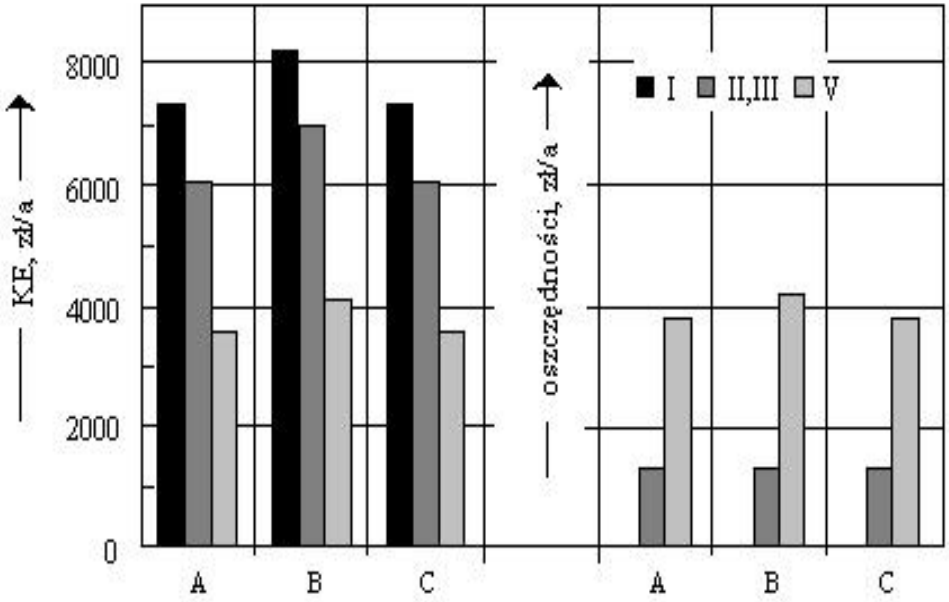
Inwestowanie w energooszczędne rozwiązania jest tym bardziej opłacalne im droższe jest paliwo. Przy obecnych cenach nośników energii opłacalność ekonomiczna inwestowania w budownictwo o niskich potrzebach cieplnych, zwłaszcza przy niektórych rozwiązaniach jest wątpliwa (jak przykładowo wersja II)

Najbardziej optymalnym (ekonomicznie) rozwiązaniem wydaje się budynek wykonany w wersji V, dla którego odnotowano 12% wzrost kosztów inwestycyjnych w stosunku do wersji standardowej. Dodatkowym atutem takiego rozwiązania może być zastosowanie biomasy. Pomimo że prosty czas zwrotu jest w tym przypadku najdłuższy (około 50 lat), to paliwo to ma wiele zalet z punktu widzenia ekonomii, techniki i ochrony środowiska, takich jak: niski koszt źródła, stosunkowo małe wahania cen, mała emisja szkodliwych gazów, a emisja dwutlenku węgla jest równa ilości CO_2 zaabsorbowanego w czasie życia roślin

Przyjmując III wersję budynku jako podstawową, wyznaczono nowe ceny rozpatrywanych paliw, tak aby prosty czas zwrotu nakładów inwestycyjnych nie przekraczał 10 lat. Przy tak określonych cenach paliw zgodnych roczne koszty ogrzewania i wytwarzania ciepłej wody i uzyskiwane oszczędności się zmieniają

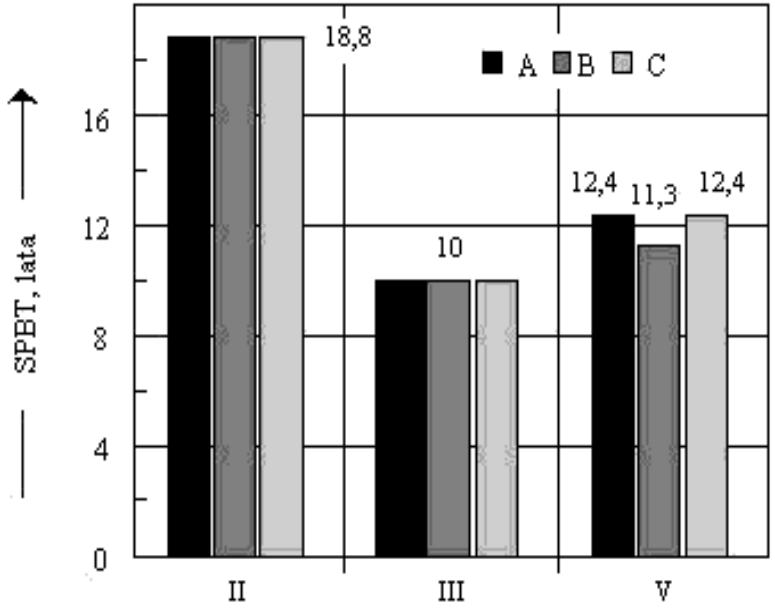


Proste czasy zwrotu inwestycji z uwzględnieniem wersji budynku i wprowadzonych cen paliwa: A – węgiel kamienny (1,39 zł/kg), B – biomasa (0,9 zł/kg), C – gaz ziemny (2,42 zł/m^3)

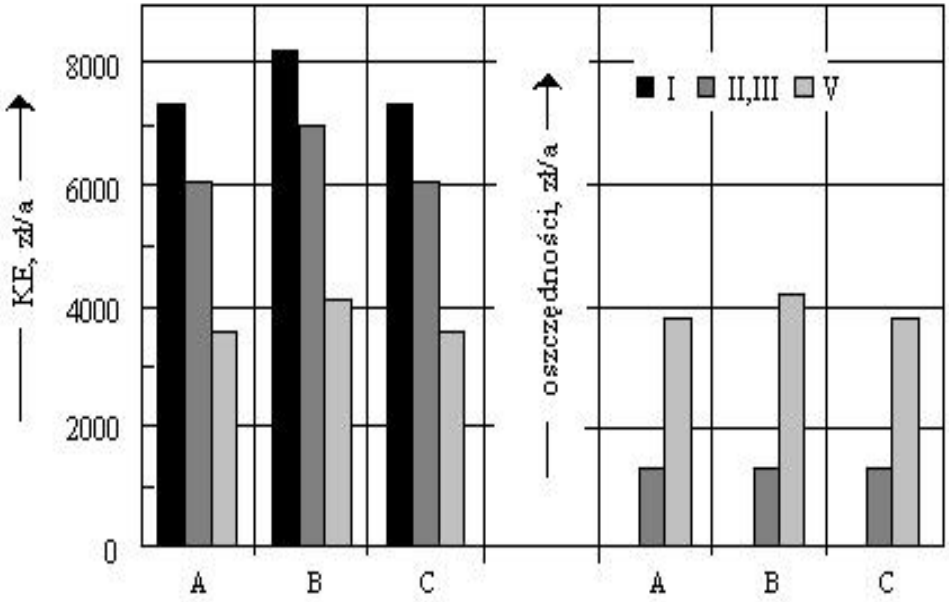


Roczne koszty eksploatacji związane z zastosowanymi paliwami w analizowanych wersjach budynku (KE) i oszczędności (w stosunku do wersji standardowej)

Przyjmując III wersję budynku jako podstawową, wyznaczono nowe ceny rozpatrywanych paliw, tak aby prosty czas zwrotu nakładów inwestycyjnych nie przekraczał 10 lat. Przy tak określonych cenach paliw zgodnych roczne koszty ogrzewania i wytwarzania ciepłej wody i uzyskiwane oszczędności się zmieniają

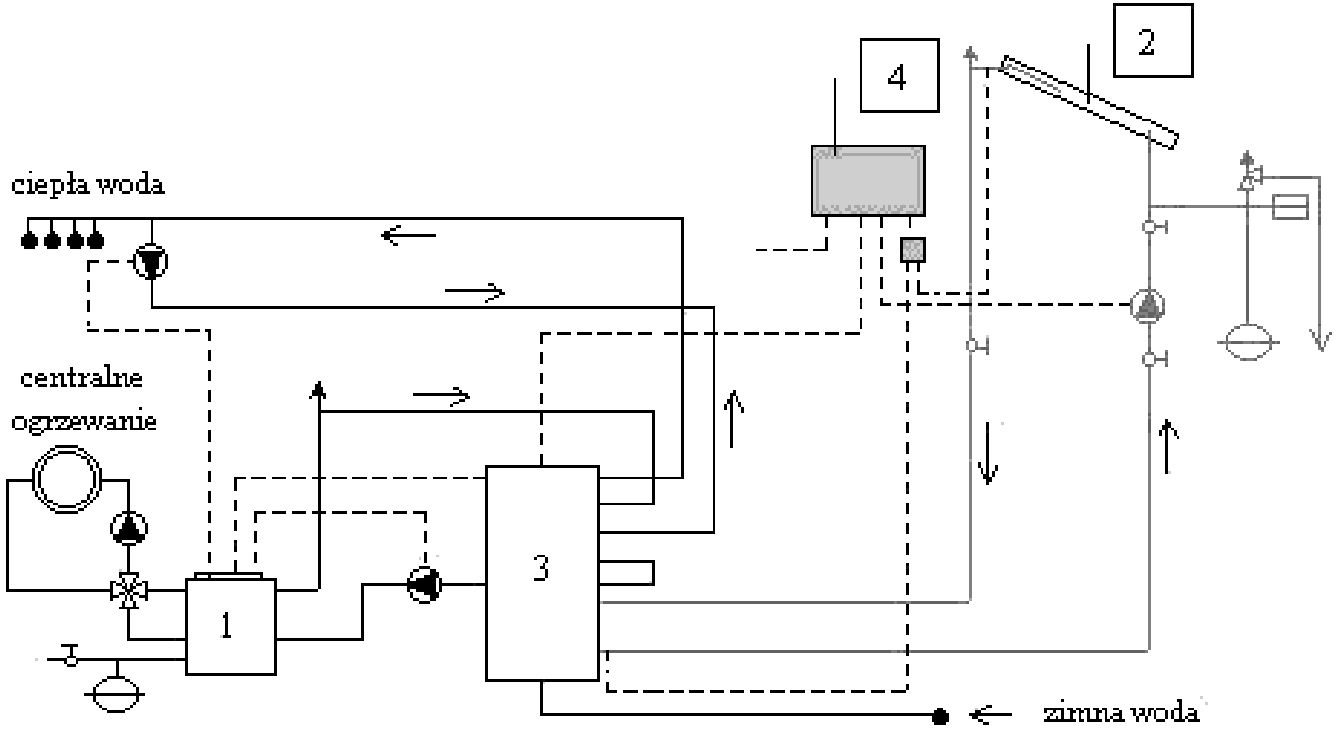


Proste czasy zwrotu inwestycji z uwzględnieniem wersji budynku i wprowadzonych cen paliwa: A – węgiel kamienny (1,39 zł/kg), B – biomasa (0,9 zł/kg), C – gaz ziemny (2,42 zł/m^3)



Roczne koszty eksploatacji związane z zastosowanymi paliwami w analizowanych wersjach budynku (KE) i oszczędności (w stosunku do wersji standardowej)

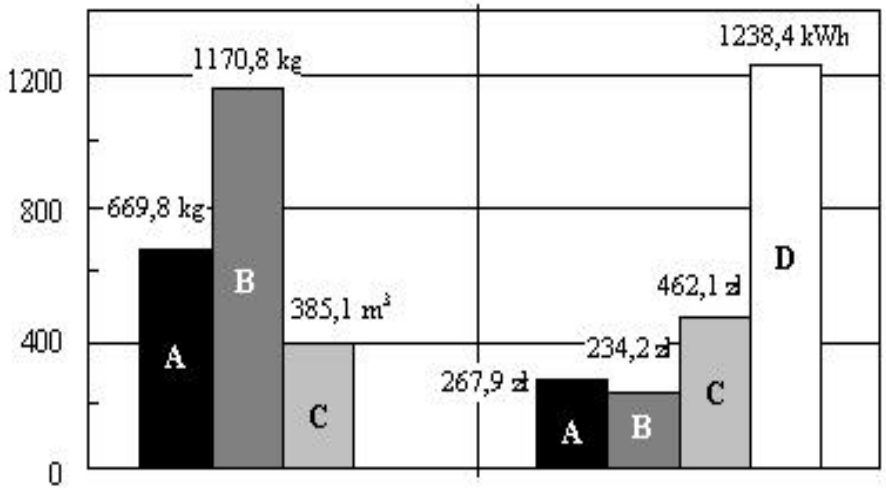
Najlepiej opanowanym technologicznie wydaje się pozyskiwanie ciepła promieniowania słonecznego przy pomocy kolektorów Dlatego też postanowiono przeanalizować ekonomiczną opłacalność inwestycji związanej z kupnem i eksploatacją kolektorów (wersja V).



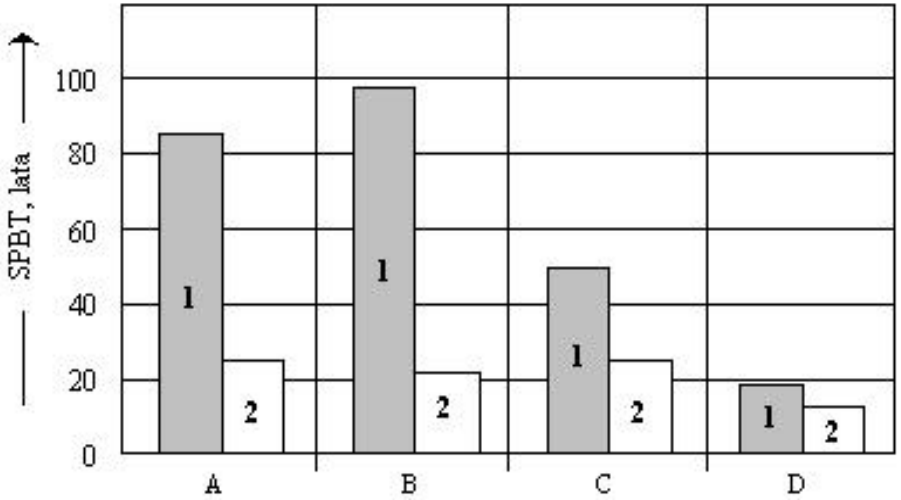
Schemat źródła ciepła z kotłem kondensacyjnym i kolektorami słonecznymi.

w zestawie znajdują się oprócz kotła (1), trzy kolektory o łącznej powierzchni 7,5 m^2 (2), z których uzyskać można 3870 kWh/a (około 13,932 GJ/a); podgrzewacz (3 - o pojemności 500 l), pompy, zamknięte naczynie wzbiorcze (o pojemności 40 l) i regulator elektroniczny (4)

Koszty zakupu wybranego jako najprostszego zestawu solarnego typu przekraczają 23 tys. zł. Podobne rozwiązania zaprojektowano dla pozostałych struktur źródła ciepła i kotłów na węgiel i biomasę. Uwzględniono także dodatkowo energię elektryczną. Poniżej zestawiono uzyskane oszczędności zarówno paliwa jak i oszczędności ekonomiczne związane z wykorzystaniem takich biwalentnych źródeł ciepła w badanym budynku zarówno dla obecnych cen paliw (rysunek po lewej)) jak i ich wartości zmienionych (rysunek po prawej)



Roczne oszczędności wynikające z tytułu zastosowania wspomagania solarnego: A, B i C – jak wyżej, D – energia elektryczna (0,32 zł/kWh)



Proste czasy zwrotu inwestycji z wspomaganiem solarnym przy obecnych cenach (1) i przy założonej ich zamianie (2).

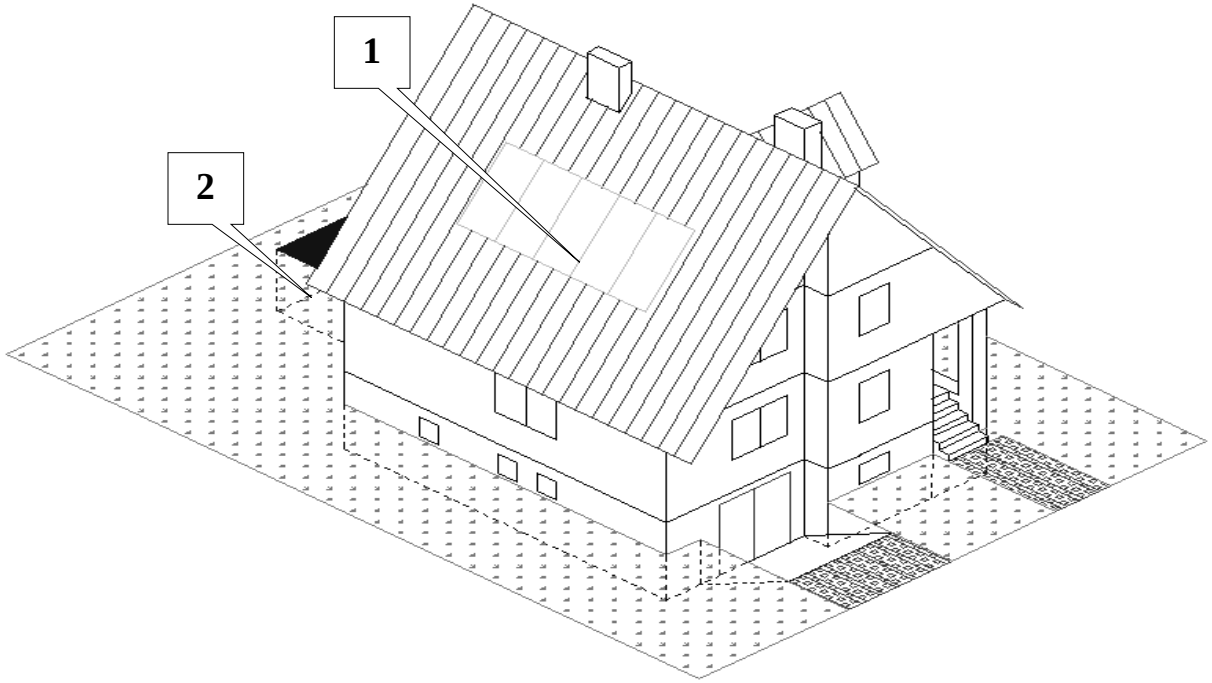
Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że:

- ✓ **ciekawą alternatywą dla paliw kopalnych (głównie taniego węgla kamiennego) jest biomasa; kocioł opalany drewnem nie wymaga specjalnych zmian, paliwo to jest tanie, łatwo dostępne i mało podatne na zmiany cen paliw, a obsługa kotła nie wymaga specjalnych umiejętności,**
- ✓ **biorąc pod uwagę tylko obecne ceny nośników paliw i energii, inwestowanie w budownictwo niskoenergetyczne, z ekonomicznego punktu widzenia nie jest w pełni uzasadnione (co znajduje zresztą odbicie w rzeczywistych działaniach),**
- ✓ **zastosowanie tylko biwaletnych źródeł ciepła, będących w praktyce rozwiązaniem hybrydowym z udziałem aktywnych układów pozyskiwania energii słonecznej, pogłębia brak opłacalności ekonomicznej takich rozwiązań,**
- ✓ **wzrost cen węgla kamiennego i biomasy wynoszący od 3,5 do 4,5 razy jest mało prawdopodobny w najbliższym okresie czasu, natomiast wzrost cen gazu ziemnego do poziomu 2 razy większego może nastąpić już w niedługiej przyszłości**

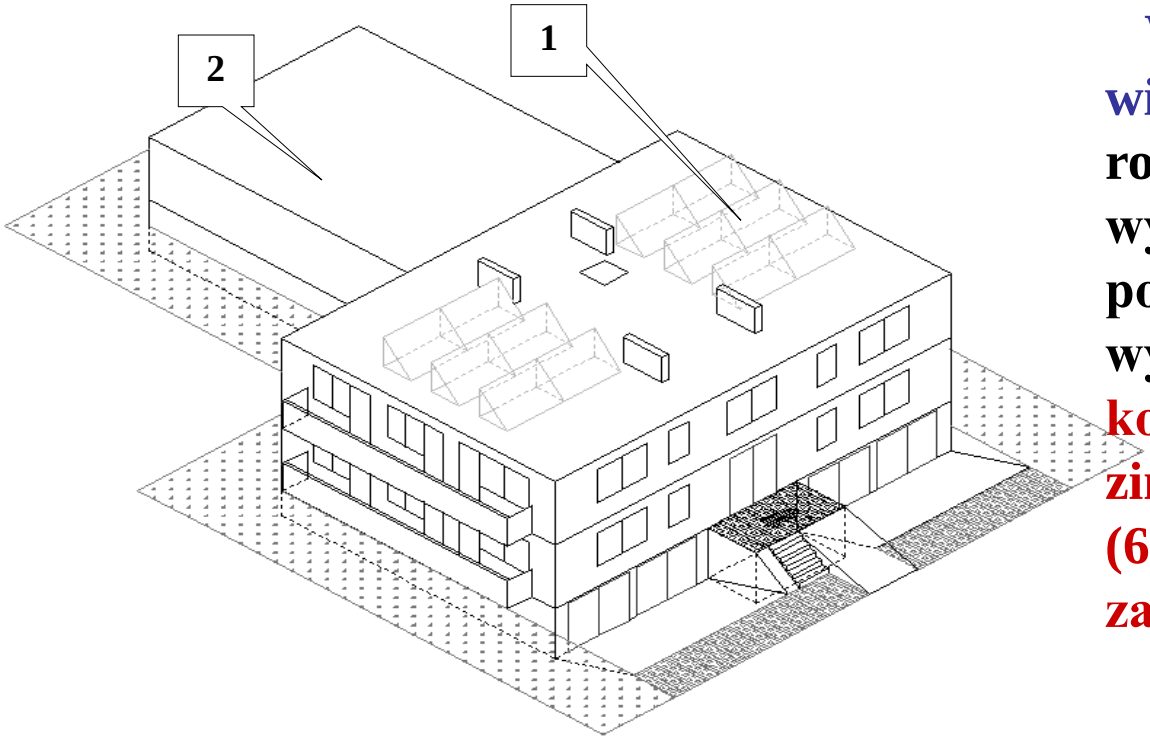
Aby chętnie stosowane określenie *budownictwo niskoenergetyczne* było czymś więcej niż modnym hasłem, powinny zostać uruchomione programy pozwalające na znaczne dotowanie takich przedsięwzięć. Działanie takie jest jeszcze bardziej istotne w przypadku występowania tendencji do wyposażanie budynków w urządzenia umożliwiające sprawne pozyskiwanie ciepła ze źródeł odnawialnych.

Chcąc się przekonać czy wnioski te mogą ulec zmianie przebadano także inne możliwości i opłacalność wykorzystania energii słonecznej w budynkach wyposażonych w baseny lub nawet duże obiekty basenowe. Badania te wykonano za pomocą programu o nazwie T*SOL, posiadającego tzw. *asystenta projektanta*, co pozwala na dokonywanie obliczeń potrzeb cieplnych na wybrane cele dla dowolnych budynków oraz automatyczną optymalizację dobieranych (projektowanych) systemów grzewczych.

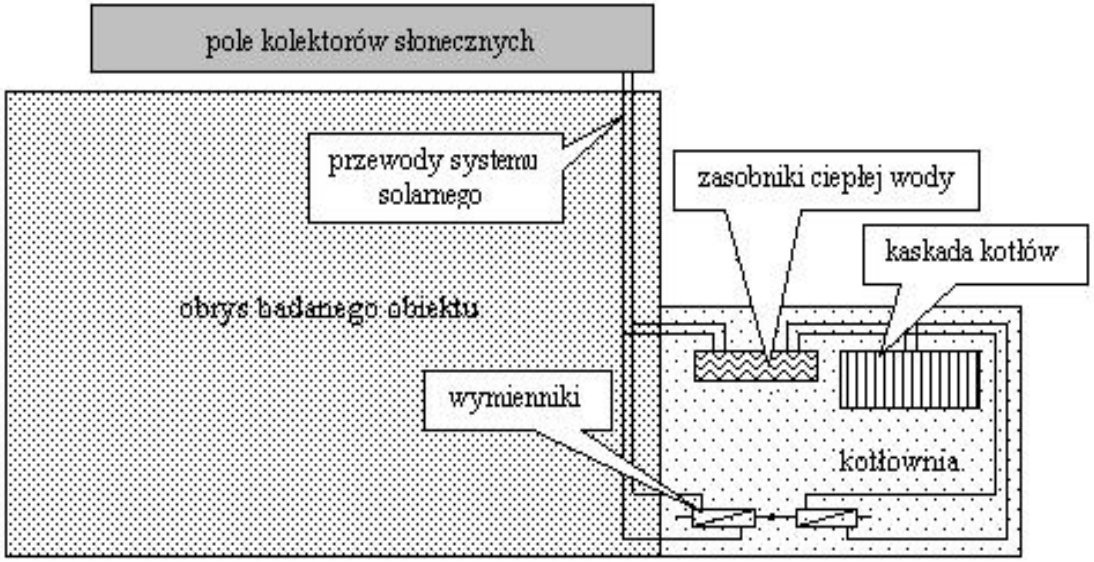
Źródła ciepła wspomagane aktywnymi układami pozyskiwania ciepła słonecznego zastosowano dla dwóch różnych budynków istniejących, a mianowicie dla obiektu jednorodzinnego i wielorodzinnego, wykonanych jako niskoenergetyczne (wysoka izolacyjność cieplna i szczelność przegród). Budynki te położone są w I (Gdańsk) oraz III strefie klimatycznej (Warszawa). Dla budynków wykonano projekty układów grzewczych



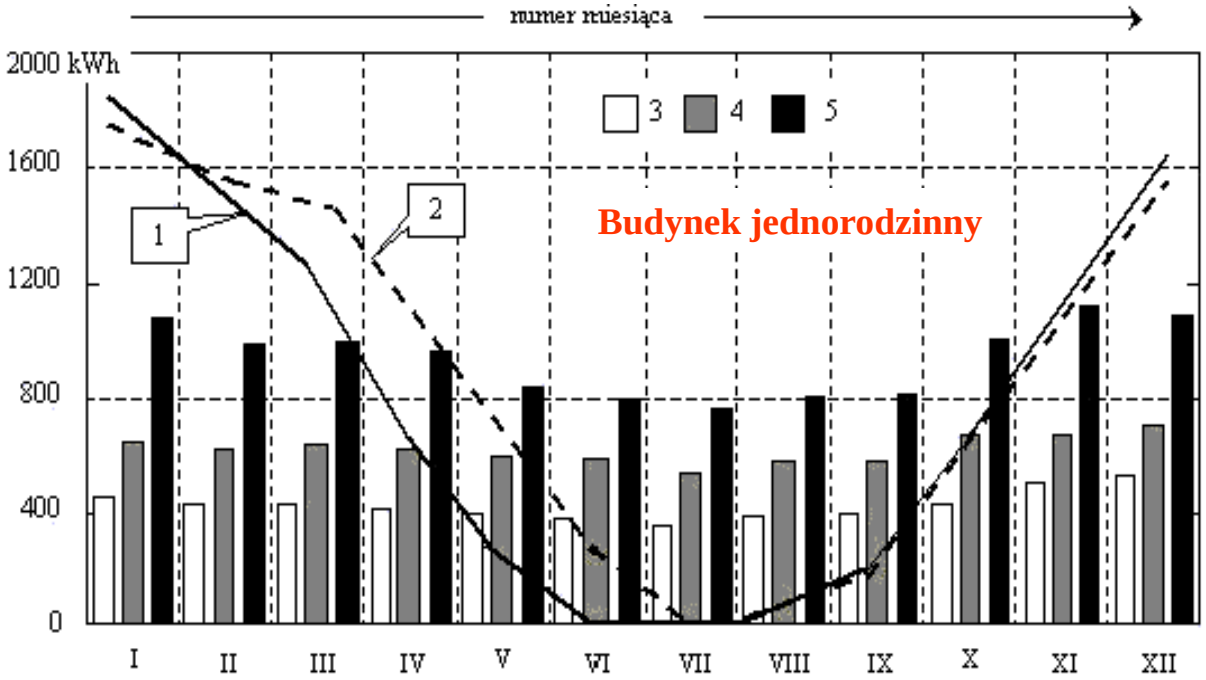
Widok budynku jednorodzinnego (4÷5 osób, podpiwniczony, o konstrukcji lekkiej oraz powierzchni mieszkalnej równej około 130m^2): 1 – kolektory zintegrowane z dachem o powierzchni 5×2 = 10 m^2), 2 – zewnętrzny (otwarty) basen kąpielowy.



Widok budynku wielorodzinnego (dwie rodziny 5 i 4 osobowe, wykonanie średnio-ciężkie, powierzchnia użytkowa wynosi około 415m^2: 1 – kolektory słoneczne zintegrowane z dachem (6×2×2 = 24 m^2), 2 – zamknięty basen kąpielowy

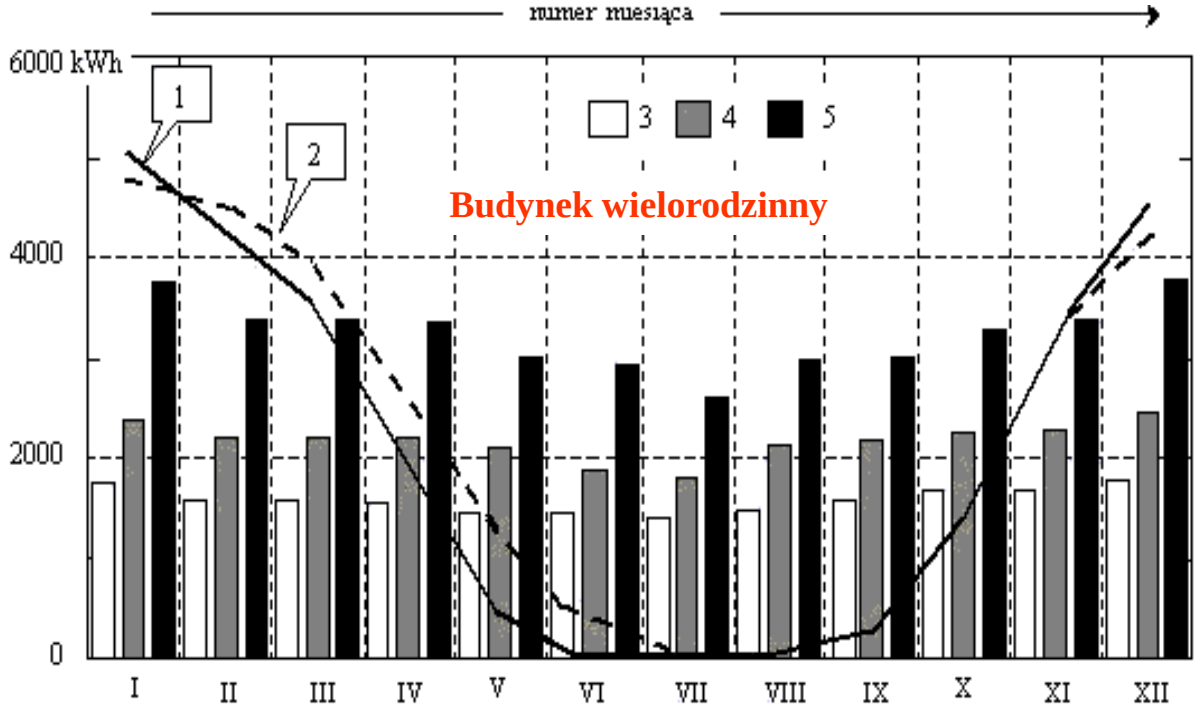


Trzeci obiekt to tzw. park wodny, którego schemat ogólnych rozwiązań grzewczych wraz z zewnętrznym polem kolektorów słonecznych pokazano na rysunku obok

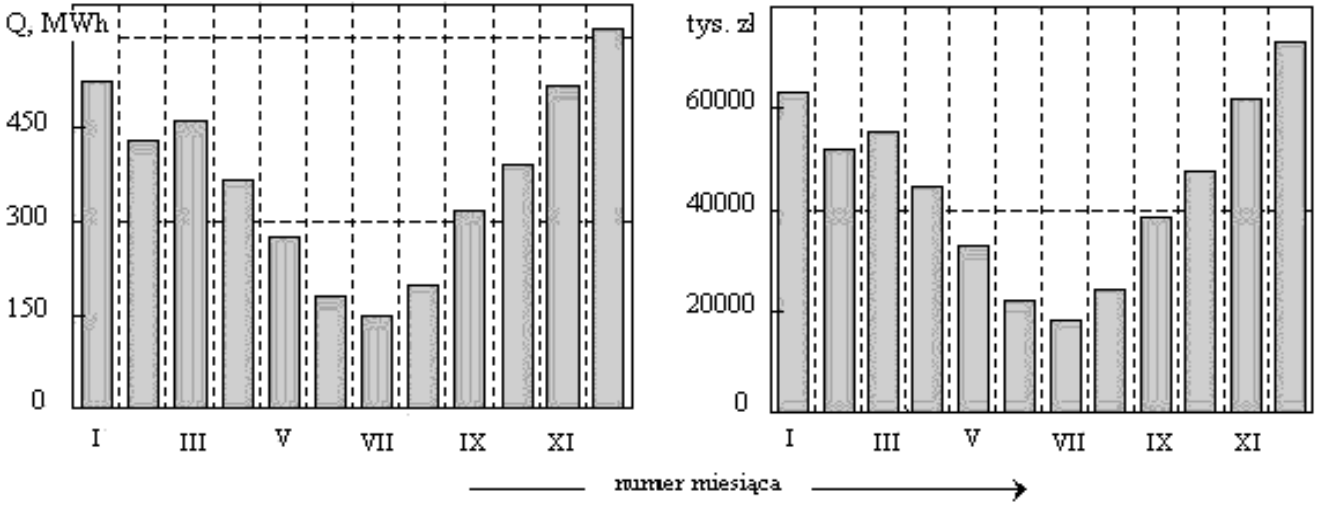


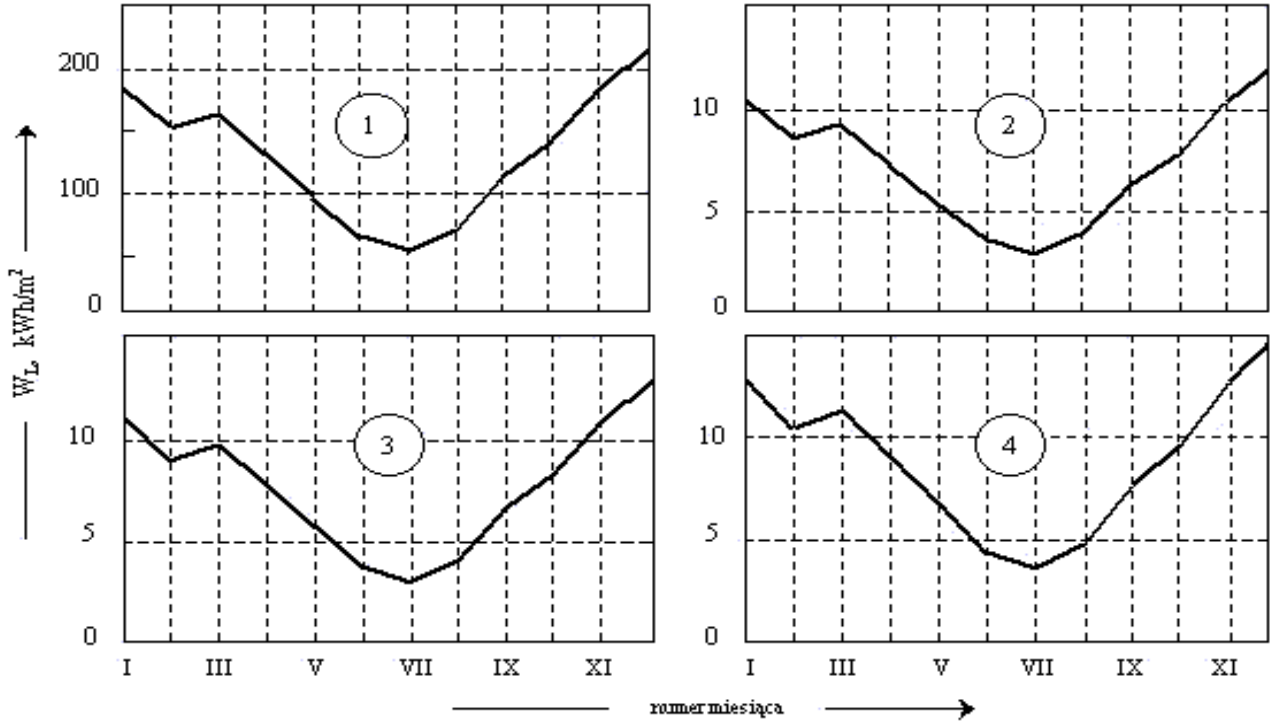
1 – ogrzewanie/III – 8751 kWh); 2 – jw./I - 9781 kWh); 3 – przygotowanie ciepłej wody w ilości 250 dm^3 (4780 kWh); 4 – jw. lecz dla 350 dm^3 (6692 kWh); 5 - jw. lecz dla 550 dm^3 (10515 kWh)

1 – ogrzewanie/III – 23228 kWh; 2 – jw./I - 26129 kWh); 3 – przygotowanie ciepłej wody w ilości 900 dm^3 (17207 kWh); 4 – jw. lecz dla 1260 dm^3 (24090 kWh); 5 - jw. lecz dla 1980dm^3 (37855 kWh)



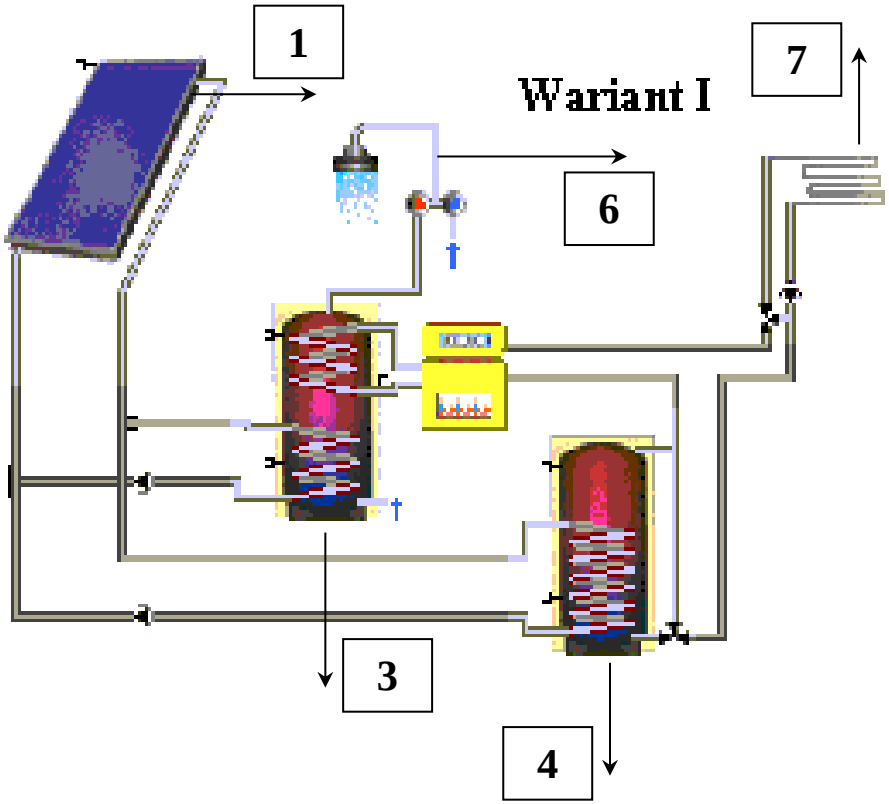
W stosunku do obiektu basenowego dysponowano pełnymi danymi odnośnie miesięcznego zużycia ciepła i opłat z nimi związanymi.



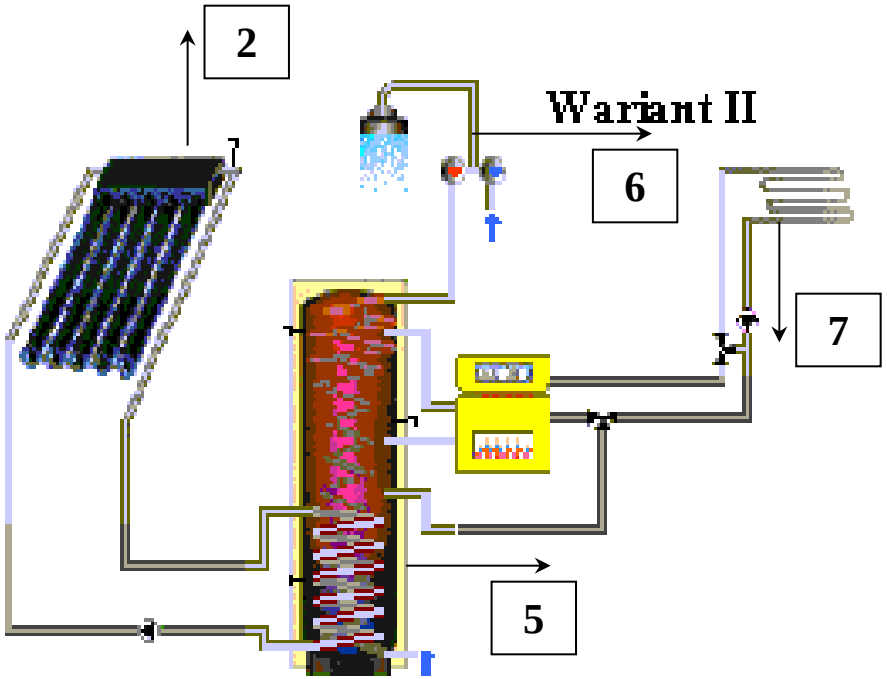


Dla obiektu tego określono wskaźnik zużycia ciepła w stosunku do lustra wody basenu (W_L) i w odniesieniu do potrzeb na podgrzewanie wody basenowej (1), ciepłej wody (2), ogrzewania (3) i wentylacji (4)

Badano ponad 30 struktur systemu wspomagania solarnego

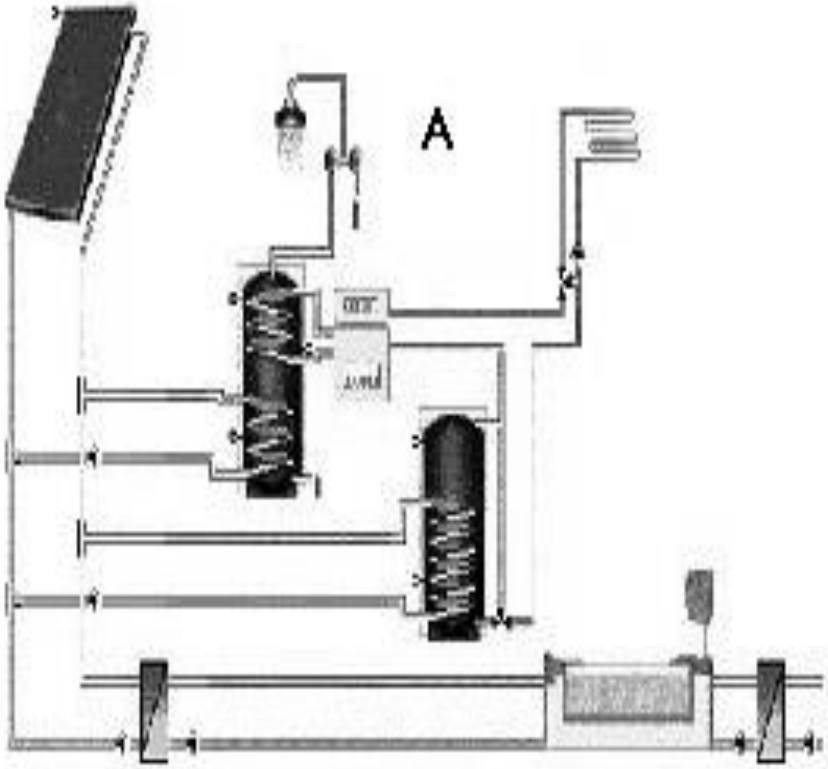


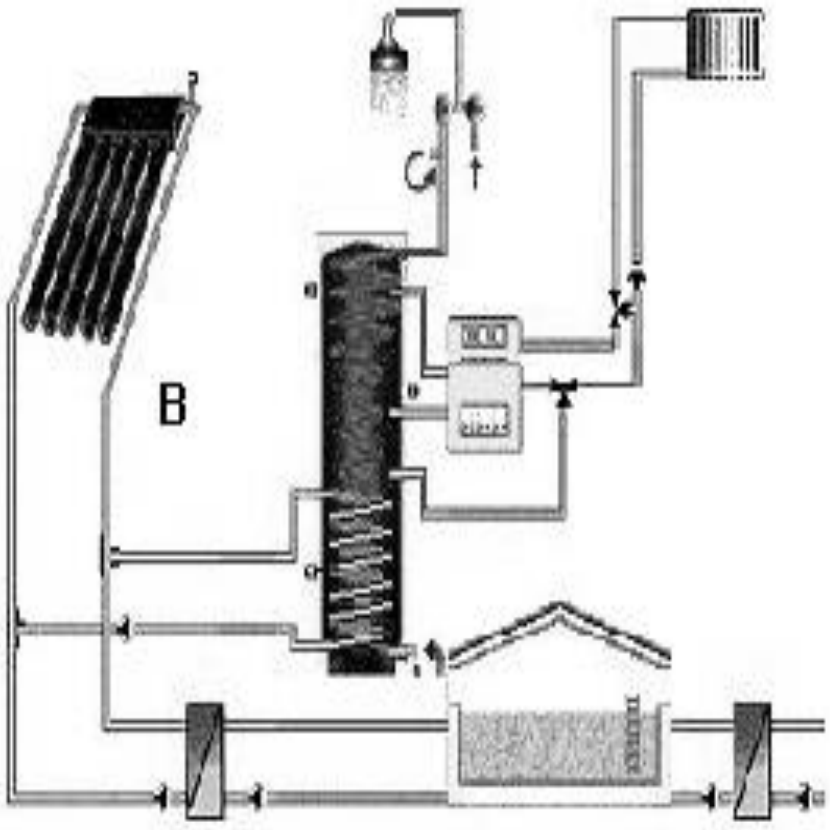
1 – kolektory płaskie, 2 – kolektory rurowe (próżniowe), 3 – zasobnik ciepłej wody (biwalentny), 4 – zbiornik buforowy



5 – zbiornik kombinowany, 6 – pobór ciepłej wody, 7 – ogrzewanie podłogowe

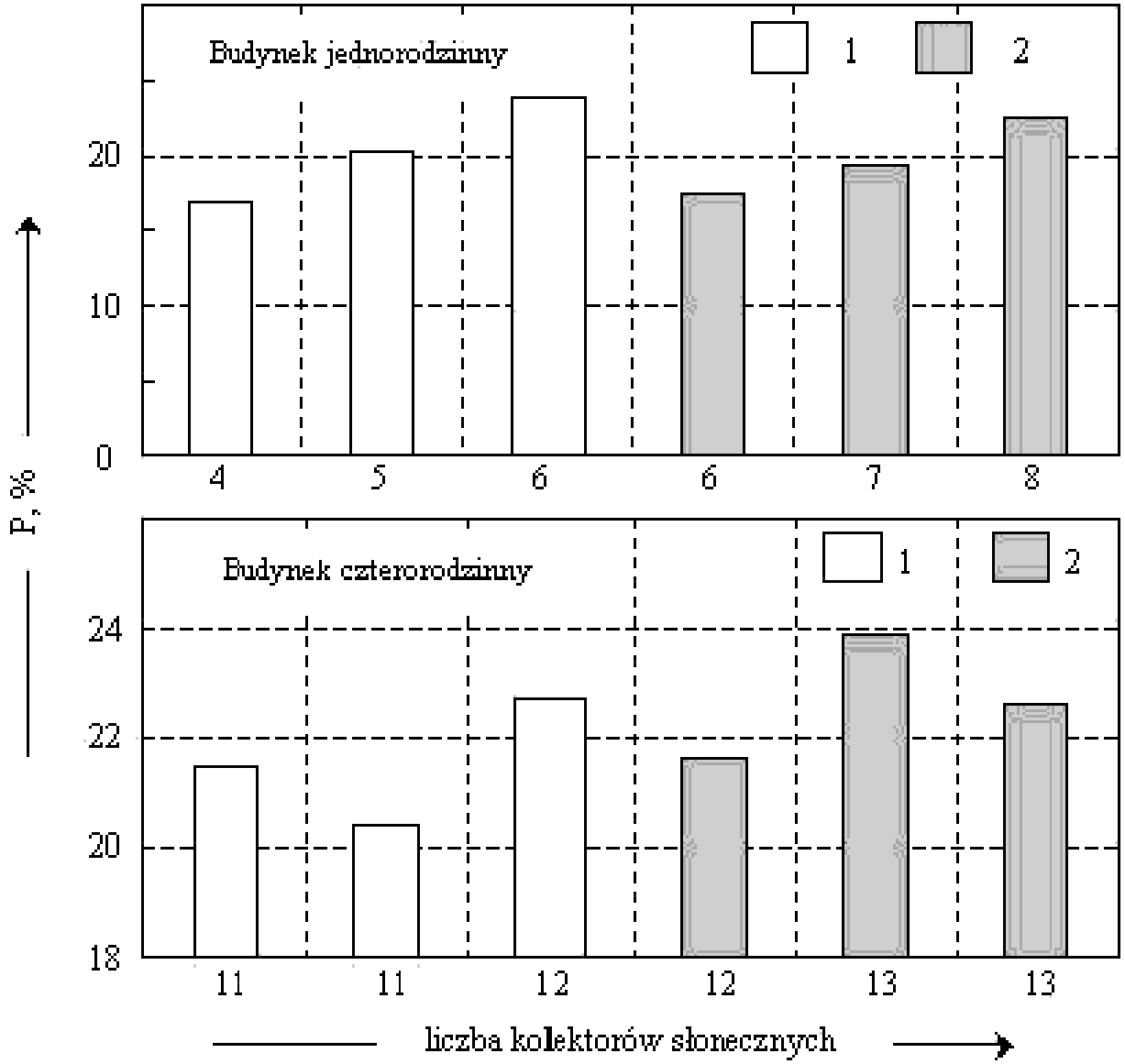
Wybrane rozwiązania systemu wspomagania solarnego (z basenami kąpielowymi)





A - z kolektorami płaskimi, biwalentnym zasobnikiem ciepłej wody, zbiornikiem buforowym centralnego ogrzewania i podgrzewaniem wody w basenie zewnętrznym, B - z kolektorami rurowymi, zbiornikiem kombinowanym i podgrzewaniem wody w basenie zadaszonym

Wpływ warunków klimatycznych na liczbę kolektorów stosowanych w budynku jedno- i czterorodzinnym przedstawiono poniżej



Średnie pokrycie całkowitych potrzeb cieplnych budynku jednorodzinnego przez instalację o podstawowej strukturze źródła ze wspomaganiem solarnym: 1 – budynek położony w Warszawie (III); 2 – budynek położony w Gdańsku (I)

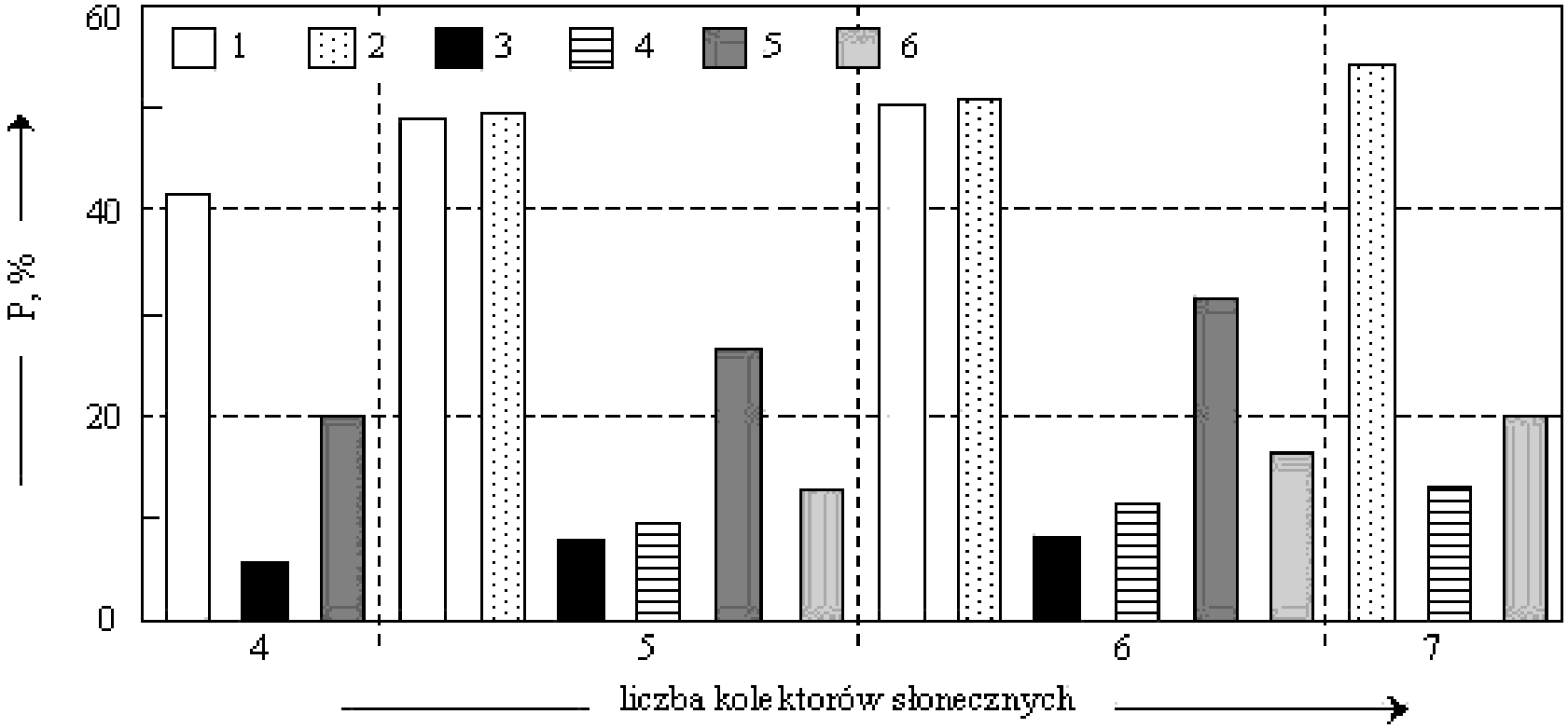
- ✓ **w przypadku budynku położonego Gdańsku (I), w celu otrzymania średniego pokrycia potrzeb cieplnych budynku przez instalację solarną, na poziomie porównywalnym z Warszawą III), należy zwiększyć liczbę kolektorów słonecznych w instalacji**

- ✓ **dla mniejszej instalacji w budynku jednorodzinnym jest to od 1 do 3 kolektorów zależnie od ich typu i rodzaju instalacji (20÷33% przyrost powierzchni pola kolektorów)**

- ✓ **w budynku czterorodzinnym liczbę kolektorów należy zwiększyć o 1, co daje 5÷8% przyrost powierzchni kolektorów.**

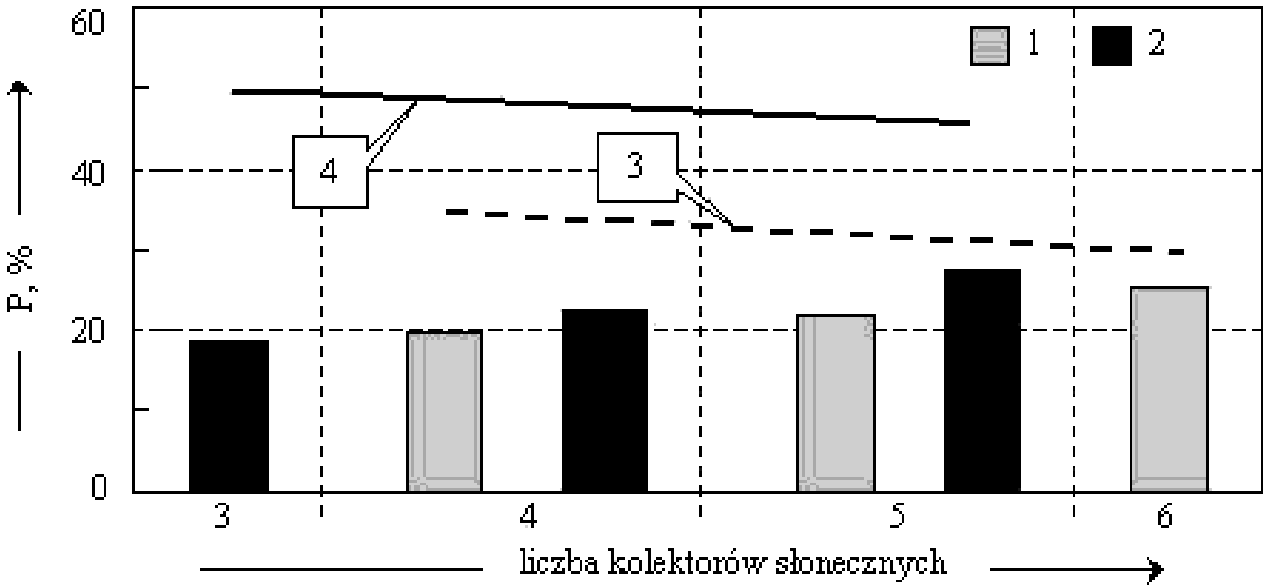
Można też nie zmieniając liczby kolektorów liczyć się z mniejszym średnim pokryciem potrzeb cieplnych budynku przez instalację solarną. W obu strefach klimatycznych pokrycie potrzeb ciepłej wody przez dany rodzaj instalacji solarnej jest podobne lub różni się nieznacznie (1÷2%)

W Gdańsku występuje o około 50% mniejsze pokrycie potrzeb basenu przez wybraną instalację solarną, ale za to większe jest pokrycie potrzeb centralnego ogrzewania (zależnie od instalacji jest to od 0,5 do 4 %), co przedstawiono poniżej



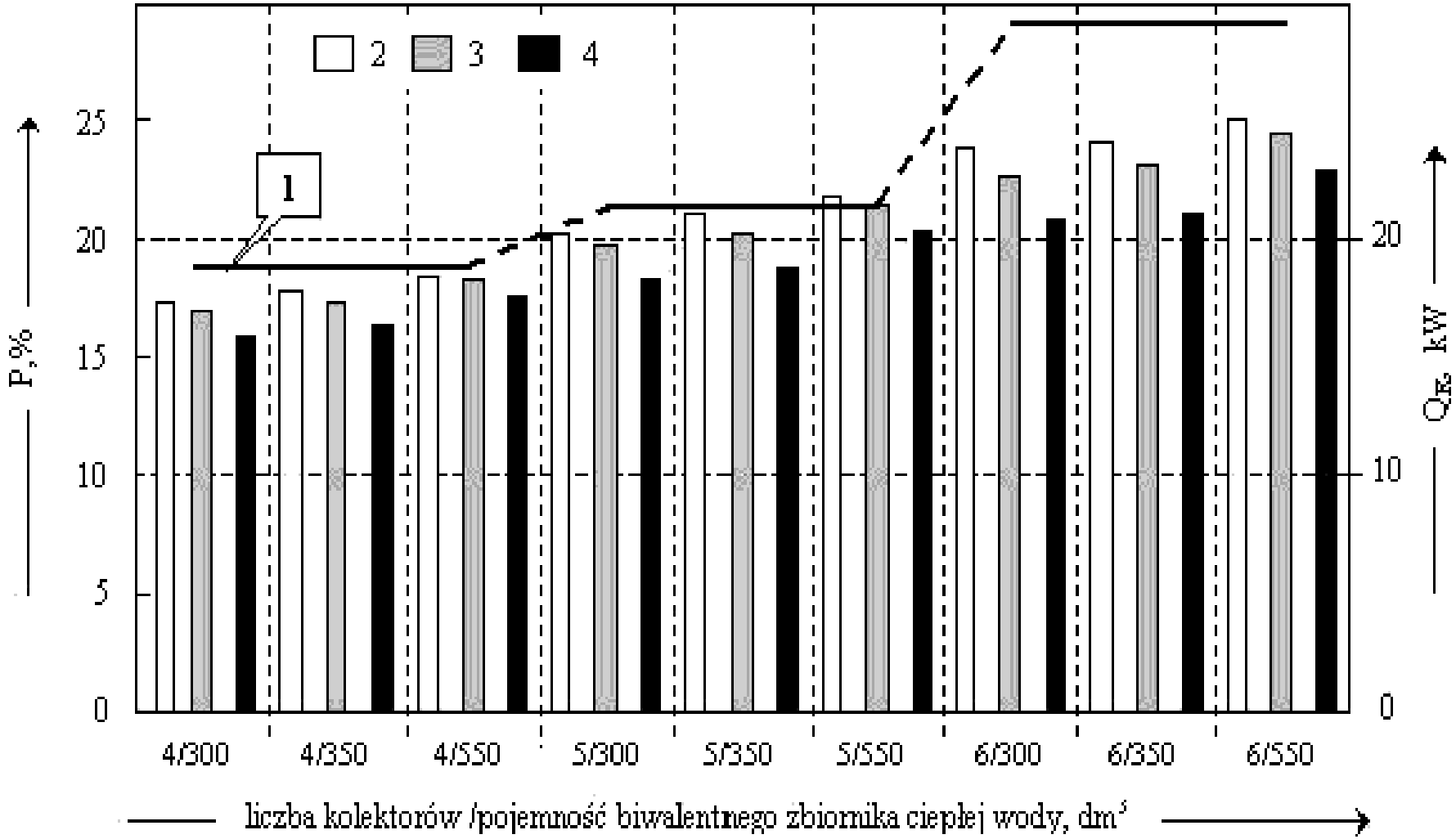
Pokrycie potrzeb grzewczych w budynku jednorodzinnym przez instalację solarną: 1 – ciepła woda (Warszawa); 2 – jw. lecz Gdańsk; 3 – ogrzewanie (Warszawa); 4 – jw. lecz Gdańsk; 5 – podgrzewanie wody w basenie (Warszawa); 6 – jw. lecz Gdańsk

Instalacje z kolektorami rurowymi próżniowymi (rurowymi) zapewniają o kilka procent większe pokrycie potrzeb cieplnych budynku i o kilkanaście procent wyższą sprawność od instalacji z tą samą ilością kolektorów płaskich



Pokrycie potrzeb cieplnych przez kolektory płaskie (1) oraz rurowe (2): 3 – sprawność systemu z kolektorami płaskimi; 4 – jw. lecz z kolektorami rurowymi.

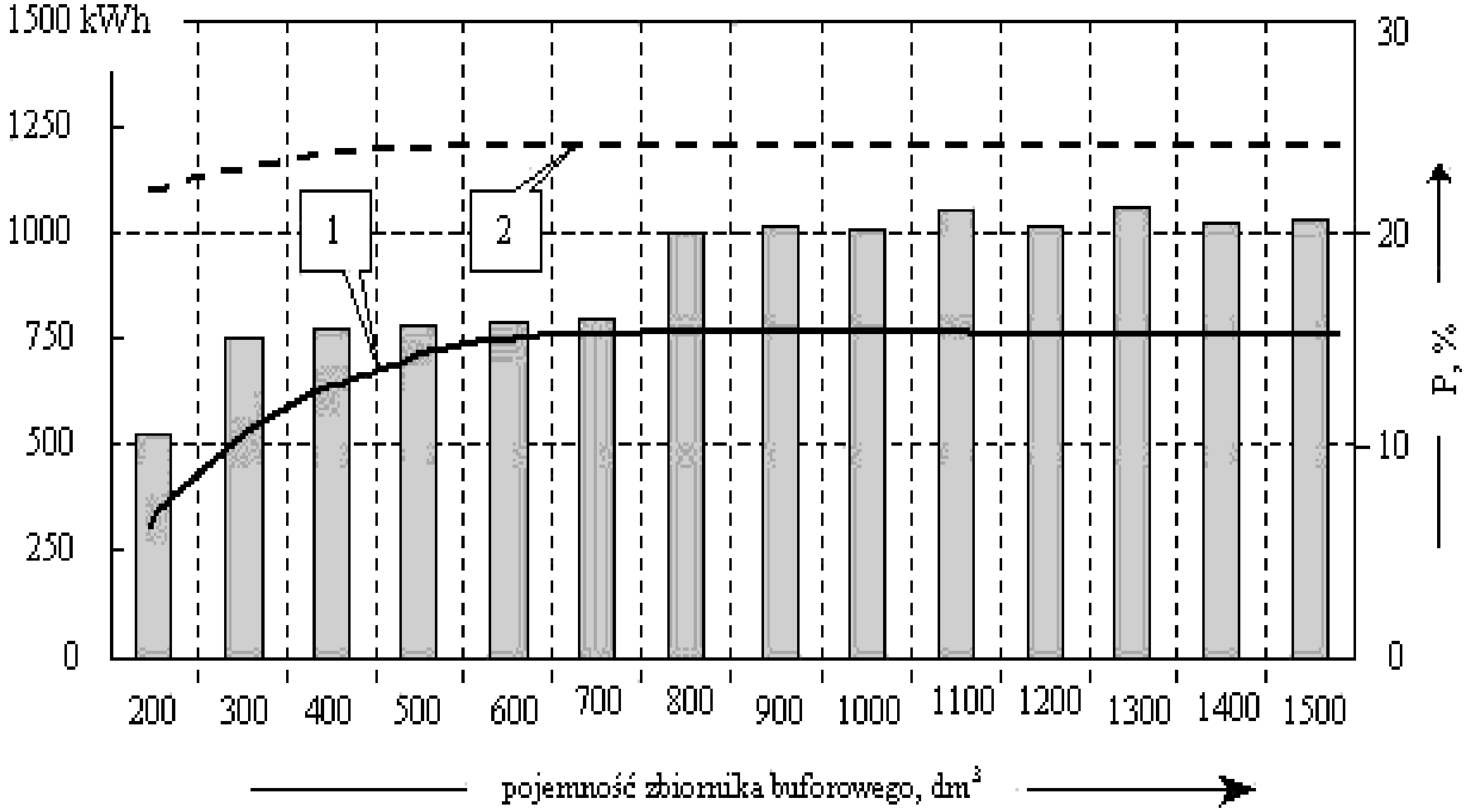
Powiększenie dobowego zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową prowadzi do konieczności zwiększenia mocy kotła. Aby utrzymać pokrycie potrzeb cieplnych budynku na takim samym poziomie należy zwiększyć liczbę kolektorów słonecznych lub liczbę i pojemność biwalentnych podgrzewaczy ciepłej wody



Zmiana stopnia pokrycia potrzeb cieplnych budynku jednorodzinnego (Warszawa) i wymaganej mocy kotła Q_K (1) w zależności od zapotrzebowania ciepłej wody użytkowej: 2 – przygotowanie ciepłej wody w ilości 250 dm³/doba; 3 – jw. lecz dla 3500 dm³/doba; 4 - jw. lecz dla 550 dm³/doba.

Zwiększenie pojemności biwalentnego zbiornika ciepłej wody powoduje, oprócz oczywistego zwiększenia pokrycia jej potrzeb i całkowitego pokrycia potrzeb cieplnych budynku przez instalację solarną, **także zwiększenie sprawności systemu oraz zmniejszenie pokrycia potrzeb centralnego ogrzewania przez instalację solarną**. Zastosowanie biwalentnego zbiornika ładowanego warstwowo, zamiast zbiornika standardowego o tej samej pojemności, powoduje kilkuprocentowe zwiększenie całkowitego pokrycia potrzeb cieplnych budynku przez instalację solarną (6÷8%) i kilkuprocentowe zwiększenie sprawności systemu, przy tej samej ilości kolektorów słonecznych.

Zwiększenie pojemności zbiornika buforowego ogrzewania nie ma większego wpływu na zwiększenie całkowitego pokrycia potrzeb centralnego ogrzewania, aż do jego ustalenia, po przekroczeniu granicznej wartości pojemności zbiornika buforowego (patrz rysunek poniżej)

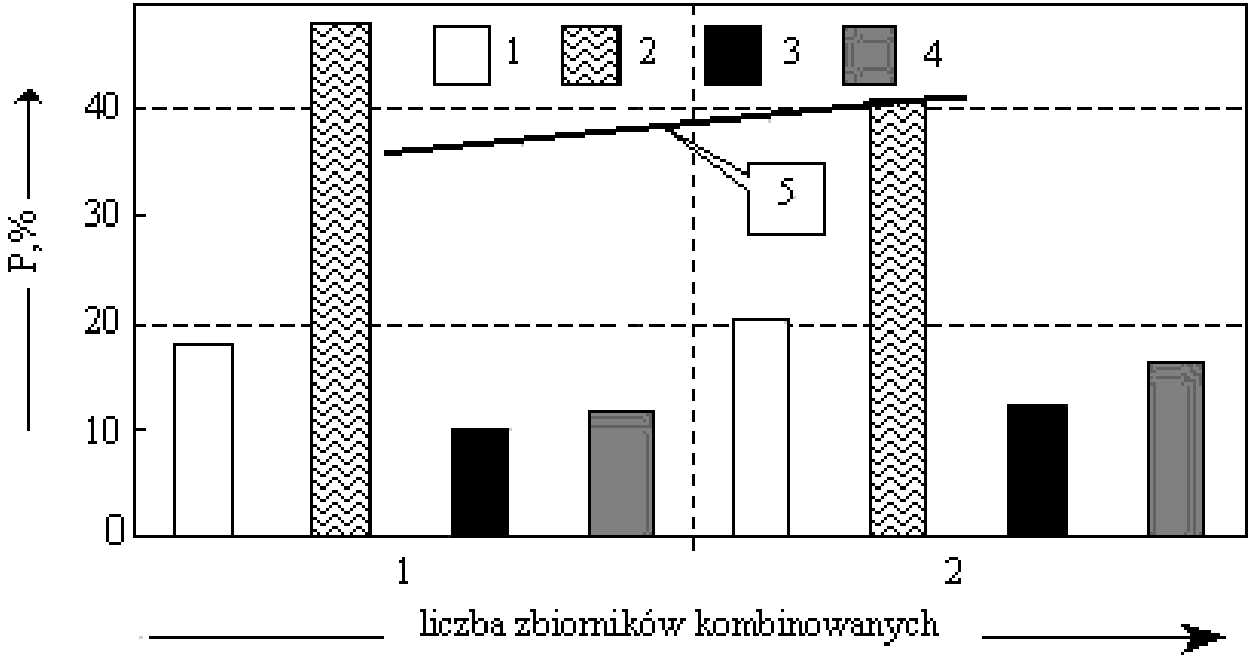


Wpływ pojemności zbiornika buforowego centralnego ogrzewania w budynku czterorodzinnym (Gdańsk): 1 – średnie pokrycie potrzeb ogrzewania; 2 – jw. lecz sumarycznych potrzeb

Wspomaganie instalacji centralnego ogrzewania z tradycyjnymi grzejnikami konwekcyjnymi o parametrach 60/40ºC w budynku wielorodzinnym przez instalację solarną nie przekracza 2%

W przypadku budynku jednorodzinnego, w którym zastosowano ogrzewanie podłogowe o parametrach 40/25ºC, pokrycie tych potrzeb przez instalację solarną jest większe zaledwie o kilka procent. Pokrycie omawianych potrzeb wzrasta do kilkunastu procent dla instalacji ze zbiornikiem kombinowanym w budynku jednorodzinnym położonym w Gdańsku, co można wyjaśnić specyfiką pracy takiego zbiornika.

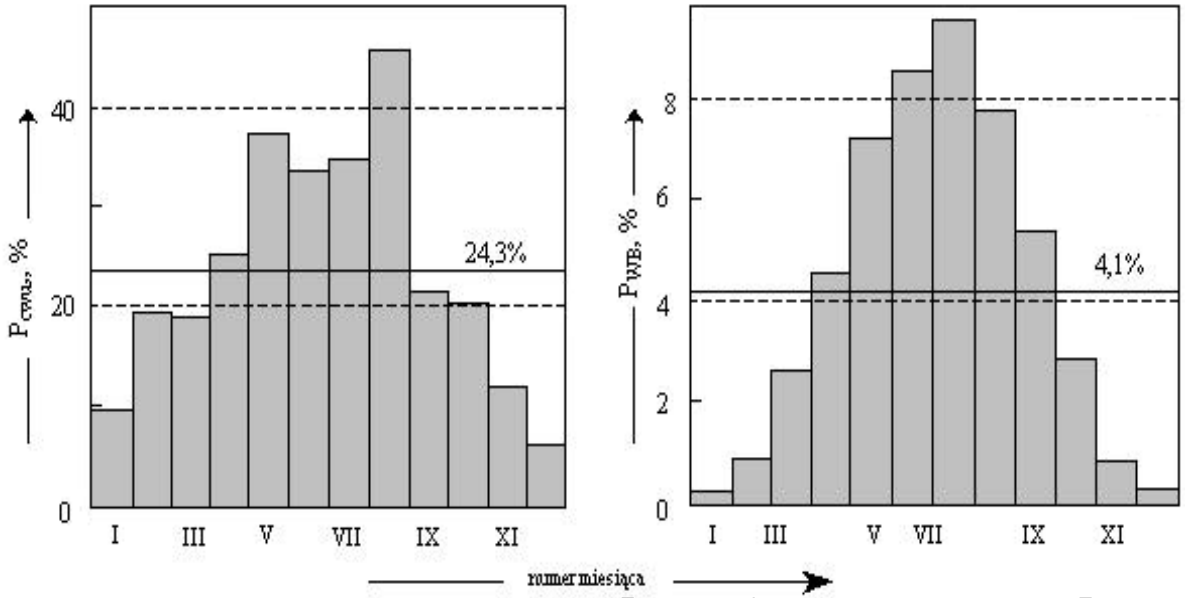
Wzrost liczby zbiorników kombinowanych powoduje, oprócz niewielkiego zwiększenia pokrycia potrzeb centralnego ogrzewania i nieomal całkowitego pokrycia potrzeb cieplnych budynku przez instalację solarną, także niewielkie zwiększenie sprawności systemu oraz zwiększenie pokrycia potrzeb basenu kąpielowego, ale za to zmniejszenie pokrycia potrzeb ciepłej wody przez instalację solarną (rysunek poniżej)



Wpływ liczby zbiorników kombinowanych (Gdańsk – budynek jednorodzinny): 1 – średnie pokrycie całkowitych potrzeb cieplnych przez instalację solarną, 2 – jw. lecz potrzeb ciepłej wody, 3 – jw. lecz potrzeb centralnego ogrzewania, 4 – jw. lecz dla basenu, 5 – sprawność systemu

Badania dużego obiektu basenowego przeprowadzono przy uwzględnieniu danych klimatycznych opisanych średnią temperaturą zewnętrzną równą 7,9^{0}C, sumarycznego promieniowania słonecznego w okresie rocznym, wynoszącego 1042,7 kWh/m^2 (przy promieniowaniu rozproszonym równym 58,3%). Określone zostały również niezbędne do obliczeń wartości dziennego i maksymalnego zużycia ciepłej wody wynoszące odpowiednio 233,4dm^3 i 319,4dm^3 oraz roczne zapotrzebowanie na ciepło równe niewiele ponad 4,4MWh

Procentowe pokrycie wybranych potrzeb cieplnych dla tego obiektu w odniesieniu do poszczególnych miesięcy przedstawiono poniżej

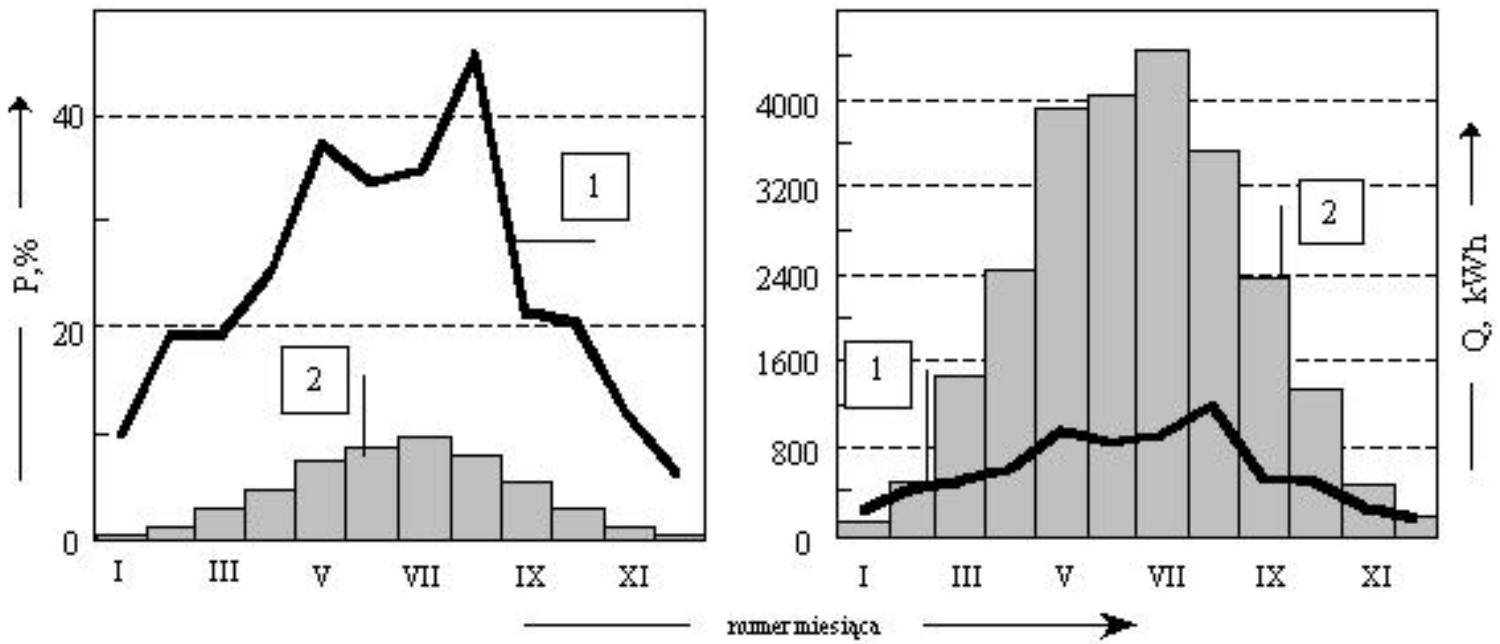


Pokrycie potrzeb na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (P_{cwu}) oraz podgrzewanie wody basenowej (P_{WB}) przez płaskie kolektory (o powierzchni 75 m^2) w kolejnych miesiącach roku

Można uzyskać pokrycie zapotrzebowania ciepła na cele przygotowania ciepłej wody - P_{cwu} (przy jednoczesnym wspomaganiu podgrzewania wody basenowej) na poziomie ponad 45% w sierpniu i około 5% w grudniu. Jednak już w lutym porycie to wzrasta do poziomu około 20%. Procent ten jest mniejszy w przypadku pokrycia potrzeb cieplnych na potrzeby podgrzewania wody basenowej (P_{WB})

Zysk z tytułu zastosowania wspomagania słonecznego jest pozornie nieduży, ponieważ pojemność niecki basenowej jest olbrzymia, a pomimo to w lipcu (VI) pokrycie dochodzi on do poziomu 10%, ale w miesiącach zimowych nie przekracza 1%. Uwzględniając procentowe pokrycie zapotrzebowania na ciepło na cele ciepłej wody i wody basenowej, można dojść do błędnego wniosku, że pokrycie ciepła na potrzeby wody basenowej jest niewielkie. Nie wydaje się to jednak wnioskiem poprawnym, gdyż dopiero porównanie faktycznej ilości ciepła dostarczanego na poszczególne potrzeby ukazuje wartości zysków osiągnięte dzięki wspomaganiu solarnemu.

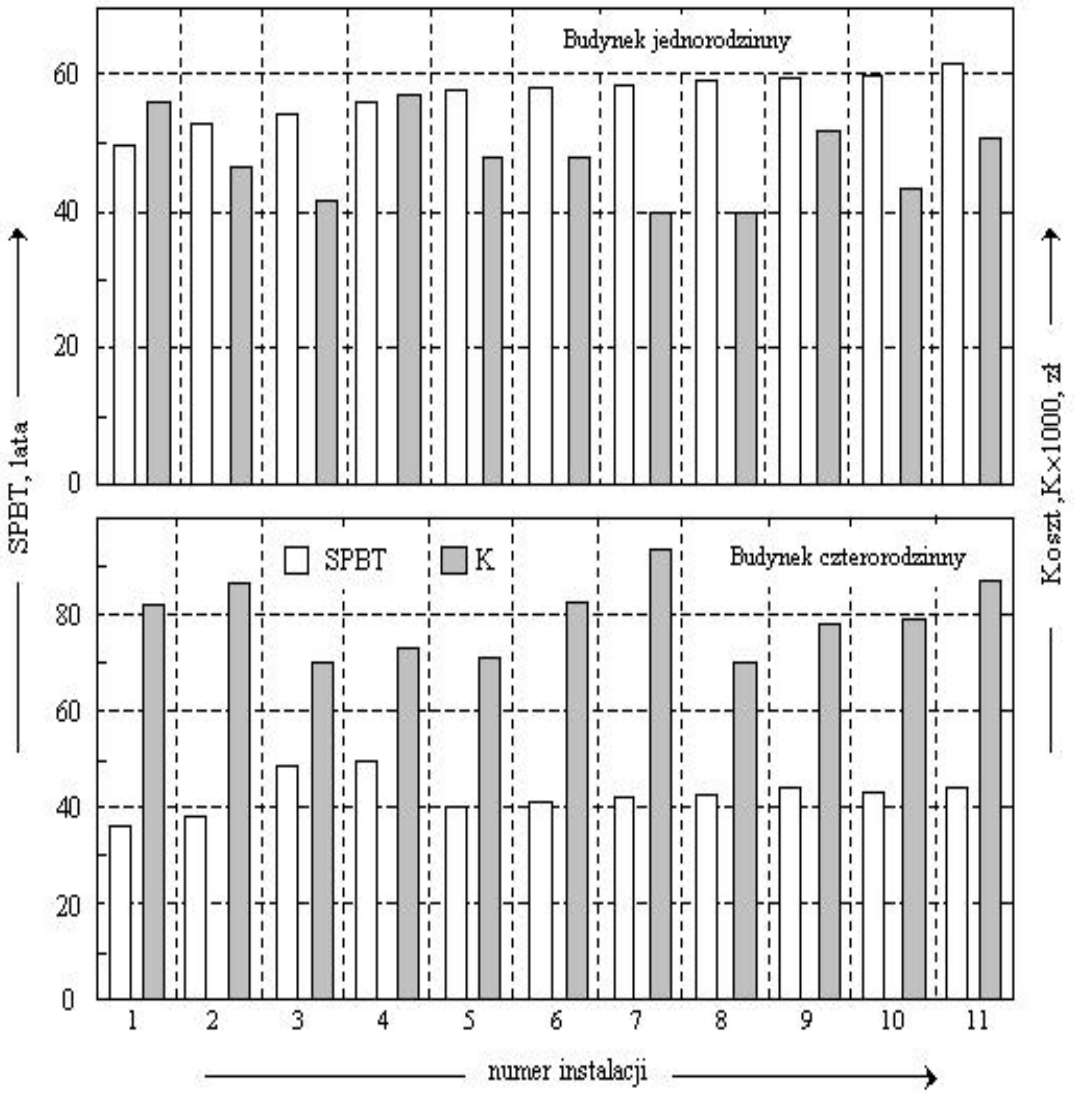
Jak widać na rysunku poniżej pomimo, że pokrycie zapotrzebowania ciepła na cele ciepłej wody użytkowej znacznie przewyższa jego pokrycie na cele podgrzewania wody basenowej, to rzeczywista ilość ciepła dostarczonego na podgrzewanie wody basenowej jest znacznie większa od ilości ciepła na cele ciepłej wody.



Porównanie potrzeb na przygotowanie ciepłej wody (1) oraz podgrzanie wody basenowej (2) przez płaskie kolektory w kolejnych miesiącach roku

Uzupełnieniem dokonanych badań były analizy ekonomiczne. Przyjęto żywotność instalacji równą 20 lat, stopę dyskonta 4%, stopę wzrostu cen energii elektrycznej oszacowaną na 3% oraz stopę wzrostu kosztów eksploatacji założoną w granicach 2%. Przyjęto także jednostkowe koszty energii elektrycznej wynoszące 0,32 zł/kWh (taryfa całodobowa) oraz gazu ziemnego 1,05 zł/m^3 (wraz ze zmienną opłatą przesyłową)

Pozostałe opłaty takie jak: abonament za gaz i energię elektryczną oraz opłaty przesyłowe stałe nie zostały uwzględnione. Koszty inwestycyjne uwzględniają koszty elementów instalacji solarnej z pominięciem elementów, które występowałyby w instalacji konwencjonalnej. Do kosztów inwestycyjnych wliczono także koszty montażu instalacji solarnych



Najkrótsze czasy zwrotu występują dla instalacji w budynku czterorodzinnym; mimo dużych kosztów inwestycyjnych przy jego eksploatacji występuje małe zużycie gazu. Jednakże wartości te (SPBT), z których najmniejsza wynosi około 36 lat, są dużo większe od przyjętej żywotności instalacji. W przypadku dużego budynku basenowego zwrot kosztów nastąpi w czasie dwa razy krótszym, co ma już pewne znamiona opłacalności ekonomicznej

- ✓ **niezależnie od położenia budynku oraz struktury jego źródła ciepła żadne z analizowanych jego rozwiązań z trzema odbiorami ciepła nie jest w pełni opłacalne,**
- ✓ **pewne znamiona opłacalności dotyczą jedynie dużych obiektów basenowych,**
- ✓ **realizacja wspomagania solarnego w krajowym budownictwie wymaga traktowania tych inwestycji jako proekologicznych i dofinansowania przez władze regionalne lub krajowe,**