

BEATA MAJERSKA-PALUBICKA

UWARUNKOWANIA ENERGETYCZNE ROZWOJU BUDOWNICTWA

1. Wprowadzenie

Zużycie energii stało się istotnym wskaźnikiem ewolucji naszej cywilizacji. Milion lat temu człowiek zużywał dziennie ilość energii równoważną wartości cieplnej 300 gramów węgla kamiennego. W średniowieczu, prawie 10-krotnie więcej, przy czym opanował umiejętność wykorzystania energii wody i siły wiatru.

W obecnych czasach statystyczny obywatel krajów najbardziej uprzemysłowionych potrzebuje dziennie około 150 razy więcej energii. Przyspieszenie zużycia energii rozpoczęło się stosunkowo niedawno. W latach 1950-1970 konsumpcja energii w Ameryce Północnej podwoiła się, w Europie potroiła, a w Polsce wzrosła 4-krotnie [14].

Zużycie energii nie odzwierciedla już dziś stopnia rozwoju gospodarczego, a wręcz odwrotnie, wyznacznikiem postępu naukowo-technicznego jest minimalizacja zużycia energii i czystość ekologiczna (wprowadzenie "czystych" technologii, rozwijanie nisko energochłonnej produkcji).

Tradycyjne nośniki energii: węgiel, ropa, gaz ziemny, których udział w światowym zużyciu energii wynosi 90%, nie są w stanie zaspokoić stale rosnących potrzeb energetycznych, w tym również zapotrzebowania na energię w budownictwie. Budownictwo w naszym kraju zużywa około 40% produkowanej energii. Na budowę zużywa się około 8%, a pozostałą część na eksploatację budynków. Stąd tak bardzo konieczna jest zmiana na tym polu.

Budownictwo, jako z natury rzeczy działalność niszcząca naturalny porządek ekologiczny, musi być podporządkowane wymogom ekorozwoju. Zamiast dotychczasowego "ilościowego" wzrostu dąży się obecnie do wzrostu "jakościowego".

Fryburski Eko-Institut w ciągu 10-letniej działalności wypracował i wytyczył drogi wzrostu "jakościowego", polegające na "miękkiej ścieżce rozwoju", tzn.:

- technice podporządkowania względem społecznym,
- technice na ludzką skalę,
- technice oszczędzania środowiska człowieka.

Przed budownictwem ekologicznym sformułowano główne cele:

- znaczna poprawa zdrowotności budynków,
- zmniejszenie obciążeń środowiska naturalnego,
- minimalizacja zużycia energii podczas wznoszenia i eksploatacji budynków,
- maksymalne wykorzystanie energii odnawialnej,
- kształtowanie rozwiązań obiektów z wykorzystaniem naturalnej flory jako "płaszczka biologicznego".

Kraje wysoko uprzemysłowione już w latach siedemdziesiątych podjęły działania w kierunku ograniczenia zużycia energii w budownictwie, np. w Danii udało się to zrealizować w 40%, natomiast we Francji i USA w 28% [14].

Doświadczenia tych krajów udowodniły, że największe oszczędności energii przy najmniejszych kosztach można uzyskać przez ograniczenie strat ciepła w budynkach oraz poprawne rozwiązania systemów ogrzewania i wentylacji przy wykorzystaniu, w sposób racjonalny, niekonwencjonalnych źródeł energii.

Niepokojący jest fakt, że dynamiczny w innych krajach rozwój działalności na rzecz rozwiązań energooszczędnych oraz wykorzystania niekonwencjonalnych źródeł energii, w Polsce odbił się nikłym echem.

Pierwsza Polska Norma związana z zagadnieniem termoizolacyjności ścian zewnętrznych została wprowadzona w 1954 r. - miała jedynie charakter informacyjny. Normę o charakterze obowiązującym wprowadzono w 1966 r. i kolejno w 1982 r.

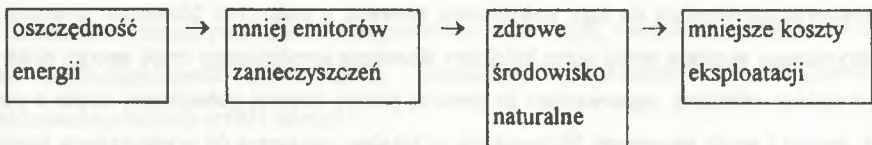
Konieczność dostosowania wymagań termoizolacyjnych nowo wprowadzonej normy do możliwości rodzimego przemysłu spowodowała, że zostały one sformułowane na zbyt niskim poziomie. Efektem było zużycie na ogrzanie 1 m² pow. użytkowej budynku dwukrotnie więcej energii niż np. w krajach skandynawskich, gdzie klimat jest bardziej ostry i zimy dłuższe.

W 1991 roku opracowano uzupełnioną formę normy dotyczącej ochrony cieplnej budynków PN-91/B-02020. Wprowadza ona bardziej zaostrzone wymagania termoizolacyjne dla obiektów oraz zmiany w metodzie obliczeń [2].

Przewiduje się, że przez poprawne rozwiązania energetyczne projektowanych obiektów będzie można ograniczyć zużycie energii w trakcie ich budowy i eksploatacji o 40-50 % [2].

Oszczędna gospodarka energią w budownictwie poza korzyściami ekonomicznymi przyczynia się do ochrony środowiska. Przez wznoszenie energooszczędnych budynków ogranicza się zużycie paliw co z kolei zmniejsza zapotrzebowanie na budowę nowych źródeł ciepła, takich jak kotłownie czy elektrociepłownie. Mniejsza liczba zakładów produkujących energię prowadzi do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń, np. dwutlenku węgla, siarki, tlenków azotów, pyłów.

Stwierdzenie, że zatrucie atmosfery produktami spalania paliw prowadzi do nieodwracalnych zmian w środowisku, w którym żyjemy i za które odpowiadamy, obecnie stało się truizmem. Należy więc prowadzić wszelką działalność w celu oszczędności energii we wszystkich dziedzinach gospodarki, w budownictwie również.



1.1. Ekologia w architekturze

Historyczną zasługą lat osiemdziesiątych będzie w przyszłości fakt, że ludzie na całym świecie zdali sobie sprawę z ograniczoności konwencjonalnych zasobów energetycznych oraz grożącego kataklizmu energetycznego spowodowanego brutalną, beztroską ingerencją w otaczające środowisko. Każdy samochód, fabryka czy wybudowany dom stanowią obciążenie dla środowiska.

Ekologia w budownictwie oznacza zmniejszenie zużycia energii i surowców, forsowanie wstrzymania emisji szkodliwych substancji, stosowanie nisko- i bezodpadowych technologii, poprawienie warunków życia. Świadomość, że człowiek sam jest elementem przyrody, że jako osoba rozumna ponosi za nią odpowiedzialność, zmusza architektów, inwestorów oraz producentów do zmiany sposobu myślenia.

Dawniej, przy niskim poziomie techniki, przyroda w znacznym stopniu wpływała na sposób życia ludzi, na formy budowania. Rozwój techniki uczynił człowieka w znacznym stopniu

niezależnym od przyrody, dając mu jednocześnie możliwość nadużywania i gwałcenia jej dóbr. Tymczasem doszło do sytuacji, w której daje o sobie znać dziura ozonowa, efekt cieplarniany, kwaśne deszcze, erozja ziemi, umieranie lasów, szkody górnicze.

Tragiczne symptomy naszych czasów stanowią motywację do działań na rzecz ochrony środowiska naturalnego, do łączenia wiedzy naszych przodków ze współczesnymi osiągnięciami technicznymi. Przemysł materiałów budowlanych, starając się sprostać ogromnym potrzebom budowlanym, rozwinął produkcję nowych, tanich, masowych wyrobów. Z biegiem czasu okazało się, że niektóre spośród tych materiałów są, z rozmaitych powodów, szkodliwe dla zdrowia. Stąd w budownictwie ekologicznym dąży się do stosowania sprawdzonych, naturalnych materiałów, takich jak drewno, korek, kamień, wiklina, cegła, glina (z podłoża pozbawionego promieniowania), a do impregnacji olej lniany lub wosk pszczeli.

Nasuwa się wizja ekologicznego obiektu zbudowanego wyłącznie z materiałów organicznych, jak drewno, szkło, glina, częściowo zagłębionego w ziemi, z dachem pokrytym murawą, z oranżerią przylegającą do jego południowej elewacji, z pokrytymi bluszczem ścianami; zaopatrywanego w ciepłą wodę przez kolektory słoneczne uzyskującego część energii elektrycznej z turbiny wietrznej, ogrzewanego za pomocą pompy ciepłej pobierającej ciepło z powietrza, gruntu i wody gruntowej. Wyposażenie w lokalne urządzenia do przetwarzania ścieków i odpadów na biogaz, wykorzystywany na cele technologiczne, stanowiłoby obiekt "przyjazny" dla środowiska.

Kryzys energetyczny i zanieczyszczenie środowiska jest przyczyną popularności budownictwa podziemnego. Pomimo wysokich kosztów konstrukcji, budownictwo podziemne daje oszczędność w kosztach energii zużytej na ogrzewanie i klimatyzację rzędu 50-85 % [15].

Budownictwo podziemne stanowi odpowiedź na problem ciągłego wzrostu zaludnienia i zapotrzebowania na tereny pod zabudowę na powierzchni ziemi, jak również zapewnia w budowanych obiektach pełną izolację akustyczną przed hałasami płynącymi z zewnątrz. Naturalnym izolatorem jest tu warstwa ziemi pokrywająca obiekt. Budownictwo podziemne daje również zabezpieczenie przed skutkami działania zywiołów przyrody.

Głównymi problemami rozwoju budownictwa podziemnego są:

- konieczność perfekcyjnego rozwiązania konstrukcji oraz izolacji budynków,
- bariera psychologiczna.

Poziom obecnej techniki pozwala na pozytywne rozwiązanie powyższych problemów przez stosowanie nowoczesnych technologii i stwarzanie optymalnego mikroklimatu dla życia ludzi.

2. Rozwiązania energooszczędne oraz ich wpływ na architekturę obiektów

Oszczędność energii w budownictwie osiągnąć można poprzez rozwiązania:

- urbanistyczno-lokalizacyjne,
- architektoniczne,
- konstrukcyjne,
- technologiczne,
- energetyczne.

Celem powyższych rozwiązań jest ograniczenie strat ciepła, zwiększenie wydajności urządzeń technologicznych (grzewczych), racjonalne wyko-rzystanie konwencjonalnych i niekonwencjonalnych źródeł energii.

Badania wykazały, że przez poprawienie charakterystyki energetycznej nowo wznoszonych budynków można zmniejszyć zapotrzebowanie na energię o 40-50% przez termorenowację budynków istniejących o 35-40%. Działania te pociągają za sobą dodatkowe nakłady inwestycyjne, według danych zachodnich wzrastają one o ok. 2 - 5%, przy czym w ciągu 4 - 5 lat następuje zwrot poniesionych kosztów w postaci zaoszczędzonej energii [3].

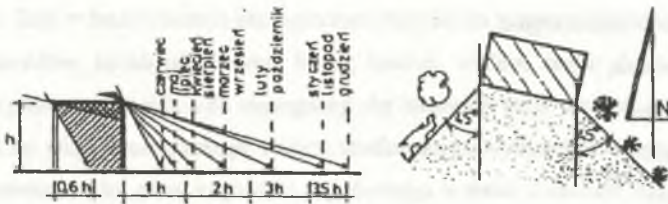
2.1. Rozwiązania urbanistyczne

Rozwiązania urbanistyczne idące w kierunku ograniczenia zużycia energii są jednymi z rozwiązań, które nie wymagają dodatkowych nakładów finansowych a jeśli tak, to bardzo niewielkich.

Przy lokalizacji obiektu ważną rolę odgrywają warunki miejscowe, takie jak: mikroklimat, warunki insolacji, ukształtowanie terenu, róża wiatrów, roślinność, rodzaj powierzchni, sposób zabudowy i zagospodarowania otoczenia.

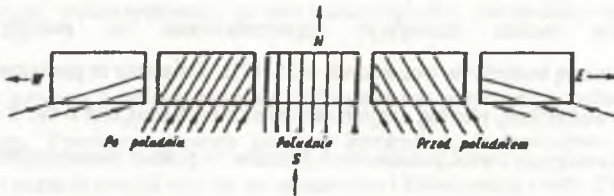
Insolacja i zacielenienie

W celu wykorzystania energii słonecznej do celów grzewczych istotne jest, by budynki były orientowane tak, by dłuższa elewacja skierowana była na południe, umożliwiając jej nasłonecznienie w ciągu minimum 6 godzin dziennie. Niewielka wysokość kątowa słońca nad terenem, szczególnie zimą, wiosną i jesienią oraz azymut słońca w godzinach 8.30 i 15.30, wyznaczające linie wykreślone pod kątem 45° do osi północ - południe warunkują odsunięcie od południowej elewacji wszelkich przeszkód mogących ją zacielenić.



Rys. 1. Wielkość zacielenienia w południe o różnych porach roku przez przeszkodę o wysokości "h" i wyznaczenie obszaru nie zacielenianego [4]

Fig. 1. Extent of shading at noon in different seasons of the year, due to a barrier having the height "h", and the determination of non-shaded area

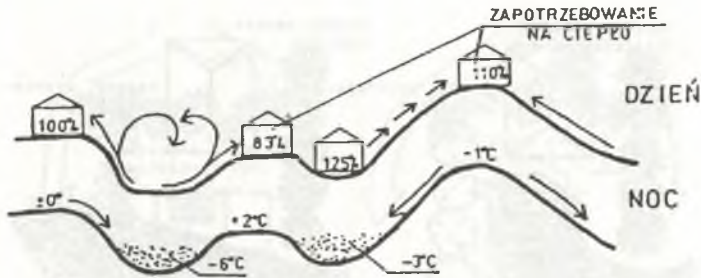


Rys. 2. Wpływ pozornej drogi Słońca na kierunek i zasięg promieni słonecznych przenikających do wnętrza pomieszczenia [4]

Fig. 2. Influence of the apparent Sun orbit on the direction and range of sunbeams penetrating the room

Ukształtowanie terenu

Przy wyborze miejsca lokalizacji obiektów w terenie pagórkowatym należy uwzględnić występujące tam konwekcyjne ruchy powietrza oraz to, że w zimie we wszelkich zagłębieniach terenu gromadzi się często zanieczyszczone powietrze. Stąd doliny i zagłębienia terenu nie są korzystnymi miejscami lokalizacji obiektów przeznaczonych do przebywania w nich.



Rys. 3. Ruchy konwekcyjne powietrza w terenie pagórkowatym i ich wpływ na zapotrzebowanie ciepłe budynków [4]

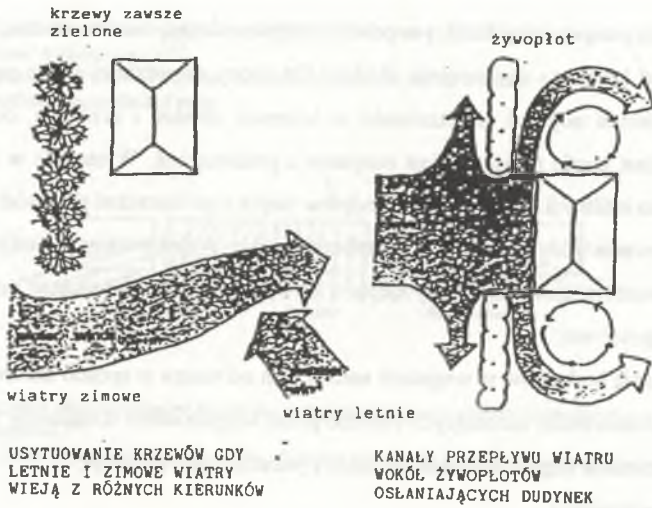
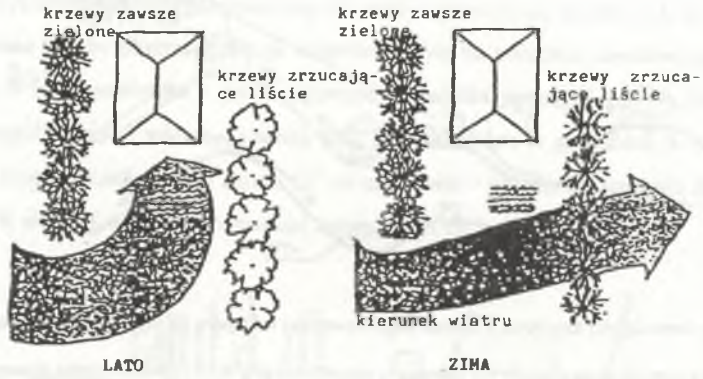
Fig. 3. Convectonal motions of air in the hummocky countryside and their influence on the demand of heat in the building

Wiatry

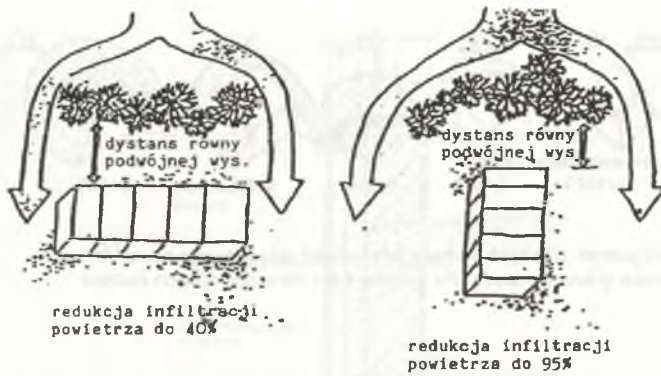
Wiąjące wiatry napotykając barierę w postaci budynku ulegają zawirowaniom, których siła i forma zależy od kształtu i usytuowania obiektu. Od strony wewnętrznej zimne powietrze jest włączane do obiektu poprzez nieszczelności w ścianach, oknach i drzwiach, od strony zewnętrznej natomiast ciepłe powietrze jest odsysane z pomieszczeń. Występuje w takich przypadkach zjawisko infiltracji. Wiatr zwiększa odpływ ciepła z powierzchni przegród.

Przeanalizowanie różny wiatrów oraz zabezpieczenie projektowanych budynków przed dominującymi wiatrami zmniejsza straty ciepła o 10 - 25%. Można to osiągnąć między innymi następującymi sposobami:

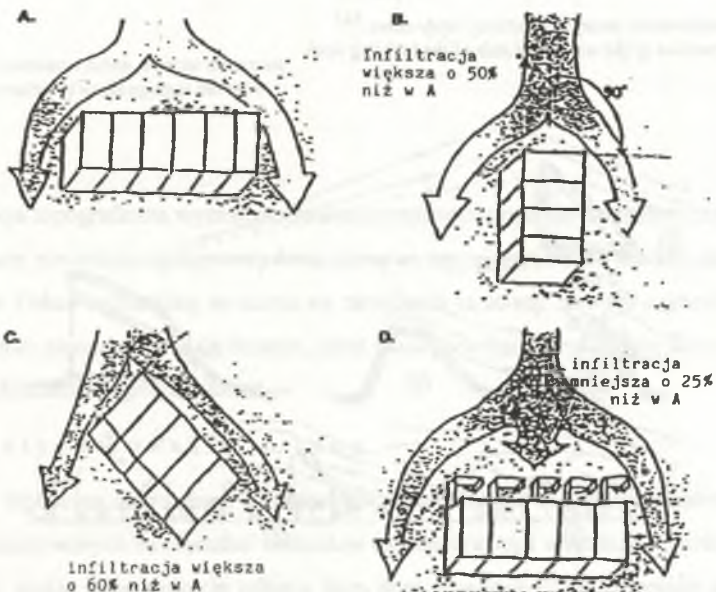
- sytuowanie budynków w miejscach osłoniętych od wiatru w sposób naturalny,
- aranżowanie barier chroniących budynki przed bezpośrednim działaniem wiatru itp.:
 - kształtowanie (szpaler) zieleni lub pnączy porastających elewacje,
 - mała architektura,
 - ukształtowanie terenu,
 - oskarpowanie ziemią elewacji nawietrznych,
 - sytuowanie na kierunku wiatrów innych obiektów nie wymagających ogrzewania lub ścian kurtynowych,
 - aerodynamiczne ukształtowanie bryły budynku.



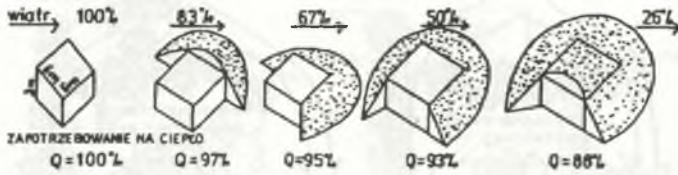
Rys. 4. Kierunki przepływu wiatru
Fig. 4. Directions of wind flows



Rys. 5. Infiltracja powietrza w osłoniętych budynkach szeregowych
 Fig. 5. Infiltration of air in the shielded terraced houses

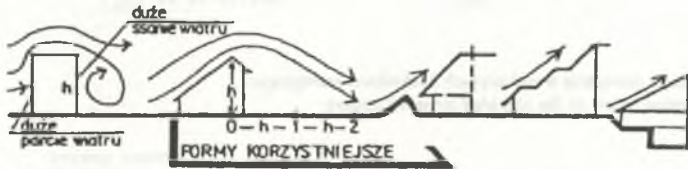


Rys. 6. Przepływy powietrza przy nie osłoniętych budynkach szeregowych
 Fig. 6. Air flows with unshielded terraced houses



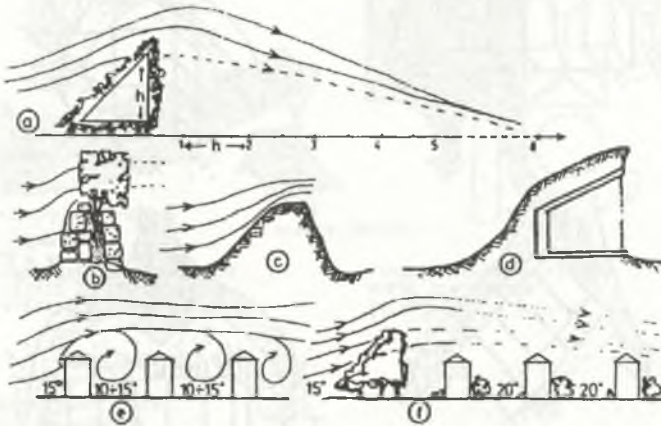
Rys. 7. Zależność potrzeb cieplnych budynku od wielkości oskarpowania ziemią [4]

Fig. 7. Dependence of heat demand in the building upon the extent of earth buttress



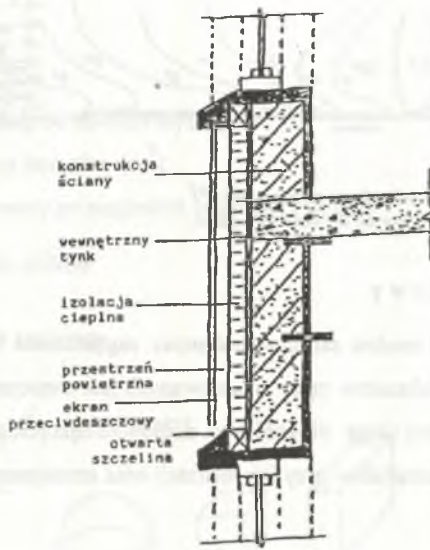
Rys. 8. Kształtowanie strony nawietrznej bryły domu [4]

Fig. 8. Formation of the windward side of the building body



Rys. 9. Bariery zewnętrzne chroniące budynek przed nadmiernymi wiatrami: a) kepa zieleni w formie trójkąta, b) "mała architektura", c) ukształtowanie terenu, d) obsypanie elewacji i dachu domu, e) i f) wpływ bariery z zieleni na temperaturę w przestrzeniach międzyblokowych [4].

Fig. 9. External barriers protecting the building against strong winds: a) cluster of verdure, triangle shape, b) small architecture, c) ground configuration, d) overspreading the facade and roof of the building, e) and f) influence of the verdure barriers on the temperature between the apartment blocks

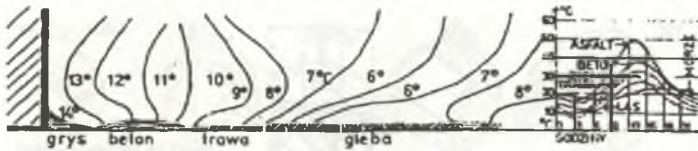


Rys. 10. Ekranowanie ścian przeciw deszczom
 Fig. 10. Screening of walls against the rain

Sytuacja topograficzna wyznacza również intensywność opadów atmosferycznych. Długotrwałe opady powodują zawilgocenie ścian, przez co zmniejszają się ich właściwości termoizolacyjne. W Polsce najbardziej narażone na zamakanie są ściany elewacji zachodniej, gdyż z tego kierunku najczęściej padają deszcze, toteż muszą one być odpowiednio uszczelnione, np. tynkiem, ekranami lub pnącą zielenią.

Zagospodarowanie terenu

Duży wpływ na mikroklimat w miejscu lokalizacji obiektu ma zagospodarowanie terenu. Rodzaj zastosowanych nawierzchni oddziałuje na temperaturę i wilgotność powietrza. Beton, jasny grys, woda, jasne elewacje odbijają dużą ilość promieniowania, natomiast asfalt, trawa, gleba pochłaniają promieniowanie.



Rys. 11. Zależność temperatury od rodzaju nawierzchni [4]
 Fig. 11. Dependence of temperature on the kind of surface

Gęstość zabudowy

Znaczne ilości energii można zaoszczędzić przez zagęszczenie zabudowy. Po pierwsze wiadomo, że mikroklimat obszarów gęsto zabudowanych jest cieplejszy od pozbawionych zabudowy, po drugie skróceniu ulega długość sieci doprowadzających energię, wynikiem czego jest zmniejszenie zużycia materiałów przy ich realizacji oraz zmniejszenie strat ciepła przy jego przesyłaniu [7].

2.2. Rozwiązania architektoniczne

Rozpatrując obiekty budowlane z uwagi na ich właściwości energetyczne stwierdzamy że, warunek minimalizacji strat ciepła związany jest przede wszystkim z:

- kształtem bryły budynku i jego rzutu,
- konstrukcją przegród zewnętrznych pełnych i przeszklonych,
- strefowaniem pomieszczeń wewnątrz obiektu.

Bryła budynku

Analiza brył budynków o różnej formie, stałej kubaturze i zbliżonej powierzchni zabudowy wykazała, że najmniejsze zapotrzebowanie na energię do ich ogrzewania wykazują budynki o bryle zwartej, zbliżonej do półkuli lub sześciianu. Wymagają one dokładnego rozwiązania przegród zewnętrznych ze względu na większą infiltrację powietrza zewnętrznego.

Kształt budynku wyrażony wzorem:

$$D = \frac{A_z}{V} \left(\frac{1}{m} \right)$$

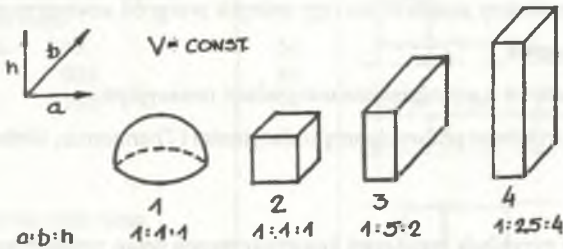
gdzie A_z - pow. przegród zewnętrznych (m^2)

V - kubatura budynku (m^3)

został zoptymalizowany ze względów cieplnych i wynosi:

$$D = 0,22 \frac{1}{m} \quad \text{dla półkuli}$$

$$D = 0,24 \frac{1}{m} \quad \text{dla sześcianu}$$



KSZTAŁT	$D (m^{-1})$	$q (W/m^3 K)$	$Q (\%)$
1	0,22	0,22	85
2	0,24	0,27	100
3	0,28	0,34	120
4	0,31	0,39	135

Rys. 12. Wpływ kształtu budynków na wielkość potrzeb cieplnych przy $V = \text{const}$
 Fig. 12. Influence of building shape on the value of heat demand with $V = \text{const}$

Rzut budynku

Dodatkowym elementem powodującym nadmierne straty ciepła jest rozczłonkowanie rzutu i elewacji budynku. Uskok i załamania przegród zewnętrznych powodują zwiększenie ich powierzchni, większe zużycie materiałów oraz wzrost strat ciepła. W budynkach małych straty ciepła liczone na $1 m^2$ powierzchni użytkowej są znacznie większe niż w obiektach o dużych kubaturach. Spowodowane jest to tym, że w małych budynkach powierzchnia przegród zewnętrznych jest znacznie większa w stosunku do kubatury.

W budynkach parterowych, wolno stojących większość pomieszczeń posiada 2 + 3 przegrody stykające się z powietrzem zewnętrznym.

Natomiast w obiektach wielokondygnacyjnych większość pomieszczeń styka się jedynie z 1 przegrodą zewnętrzną. Stąd wniosek, że straty ciepła zależą również od ilości kondygnacji.

Konstrukcja przegród zewnętrznych

Ściany pełne

Izolacyjność termiczna zewnętrznych, pełnych przegród w obiektach budowlanych związana jest ściśle z ich rozwiązaniami konstrukcyjnymi i z zastosowanymi materiałami izolacyjnymi. Przy stosowaniu do konstruowania przegród zewnętrznych materiałów o dużych oporach cieplnych, powstające ściany mają małe współczynniki ciepła, co prowadzi do oszczędności energii zużywanej w celu ogrzewania budynków.

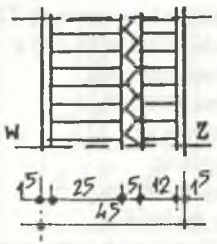
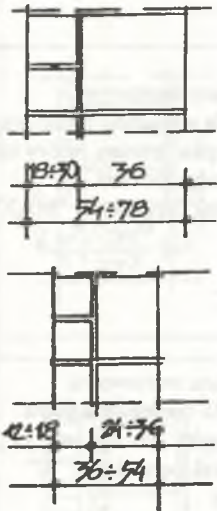
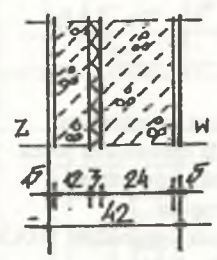
Obecnie stosuje się trzy podstawowe typy pełnych przegród zewnętrznych:

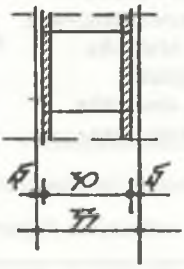
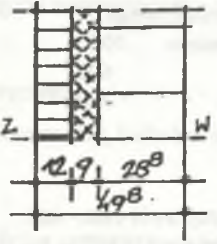
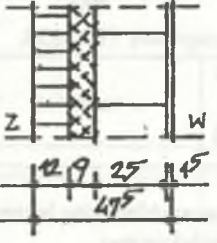
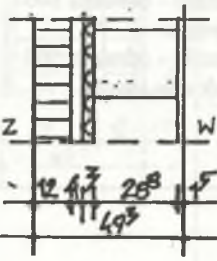
- ściany warstwowe
- ściany szkieletowe z wypełnieniem materiałami izolacyjnymi
- ściany z materiałów o podwyższonej izolacyjności (Thermomur, biobeton itp.).

Tabela 1

Wybrane przykłady rozwiązań konstrukcyjnych ścian zewnętrznych wraz z podaniem wartości współczynnika przenikania ciepła "k"

Lp.	Rodzaj przegrody	Grubość muru (cm)	Schemat	Współcz. ciepła k (W/m ² K)
1	2	3	4	5
1.	Ściana warstwowa: tynk zewn.cem.-wap. cegła dziurawka styropian cegła pełna tynk cem. - wap.	45		k=0,52

1	2	3	4	5
2.	Ściana warstwowa: tynk zewn. cem.-wap, cegła kratówka styropian, cegła dziurawka tynk cem.-wap.	45		k = 0,51
3.	Ściana z bloczków betonu komórkowego: odmiana 500 600 700 na zaprawie cem.-wap. odmiana 500 600 700 na zaprawie TERMOR	54 66 78 36 48 54		k = 0,44 k = 0,44
4.	Ściana z bloczków betonu komórkowego tynk zewn. cem.-wap. bloczki - odmiana 500 styropian bloczki - odmiana 500 tynk cem.-wap.	42		k = 0,43

1	2	3	4	5
5.	<p>Ściana z cienkościennych pustaków komorowych TZ pustaki (60x30x28 cm) z: keramzytobetonu, betonu żwirowego z zasypką ze: styropianu, wełny mineralnej, waty szklanej itp. stabilizowanych cementem tynk - terazytowy</p>	33		$k = 0,26 + 0,35$
6.	<p>Ściana warstwowa: cegła wapienno-piaskowa zasypka: trociny, wióry lub mączka torfowa pustak ceramiczny "MAX"</p>	50		$k = 0,51$
7.	<p>Ściana warstwowa: cegła ceramiczna pełna zasypka: trociny, wióry..., pustak ceramiczny "U" tynk</p>	47 ⁵		$k = 0,52$
8.	<p>Ściana szczelinowa, cegła ceramiczna pełna pustka powietrzna styropian pustak ceramiczny "MAX" tynk</p>	49		$k = 0,54$

1	2	3	4	5
9.	<p>Ściana szczelinowa: cegła ceramiczna pełna pustka powietrzna styropian pustak ceramiczny "MAX" tynk cem.- wapienny</p>	51		$k = 0,44$
10.	<p>Ściana z sidingiem, wykładzina winylowa styropian pustak "MAX" tynk cem.-wap.</p>	37		$k = 0,46$
11.	<p>Ściana szczelinowa: cegła wap.-piaskowa licowa pustka powietrzna styropian pustak ceramiczny "U" tynk cer.-wapienny</p>	47 ⁵		$k = 0,46$
12.	<p>Ściana z pustaków z trocinobetonu (zmineralizowane trociny + piasek + cement) obustronny tynk</p>	43		$k = 0,45$

cd. tabeli 1

1	2	3	4	5
13.	Ściana z bloczków "THERMOMUR" obustronny tynk	27		$k = 0,4$
14.	Ściana o konstrukcji szkieletowej: deski elewacyjne papa izolacyjna odeszkowanie konstrukcji konstrukcja słupy drewniane 5 x 15 cm wełna mineralna 3 x 5 cm folia polietylenowa płyty gips. kartonowe na ła- tach drewn. 25 x 5 cm	25		$k=0,35$

Przegrody przeszklone

Znaczenie przegród przeszklonych dla walorów funkcjonalnych (użytkowych) mieszkań jest niewspółmiernie większe od pozostałych przegród zewnętrznych obiektów. Od nich zależą:

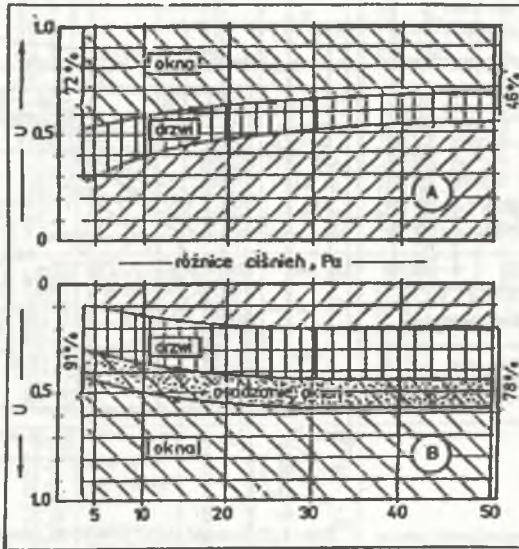
- oświetlenie wnętrza pomieszczeń światłem dziennym,
- ochrona przed wpływami klimatu zewnętrznego,
- udział w procesie wentylacji grawitacyjnej pomieszczeń,
- kształtowanie parametrów mikroklimatu wewnątrz obiektu.

W ramach opracowywanego tematu skoncentrowano się jedynie na zagadnieniach izolacyjności termicznej oraz szczelności przegród przeszklonych, decydujących w efekcie o stratach ciepła związanych z istnieniem okien.

Ustalenie tych strat wymaga znajomości:

- geometrycznych cech okien (powierzchni, długości szczelin),
- czynników powodujących przepływ powietrza (różnica temperatur i ciśnień na zewnątrz i wewnątrz budynku),
- wartości współczynników przenikania ciepła (k).

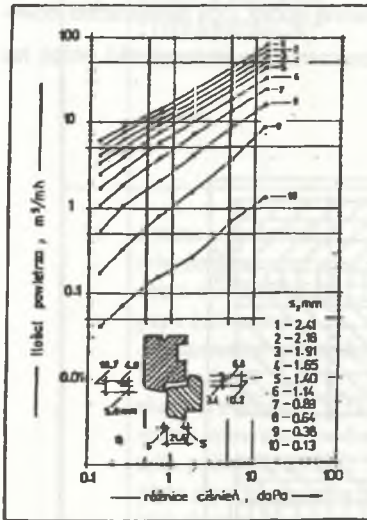
Izolacyjność cieplna okien określona jest za pomocą współczynników przenikania ciepła, które dla rozwiązań stosowanych w budownictwie mieszkaniowym powinny wynosić od 2.0 do 2.6 W/m^2K , w zależności od strefy klimatycznej. Wartości te obejmują straty ciepła przez ościeżnice, skrzydła i przeszklenie. Powierzchnie ram stanowią około 10% powierzchni otworu okiennego co sprowadza się do tego, że decydujące znaczenie dla izolacyjności okien ma rodzaj szkła, ilość szyb, odległości pomiędzy nimi.



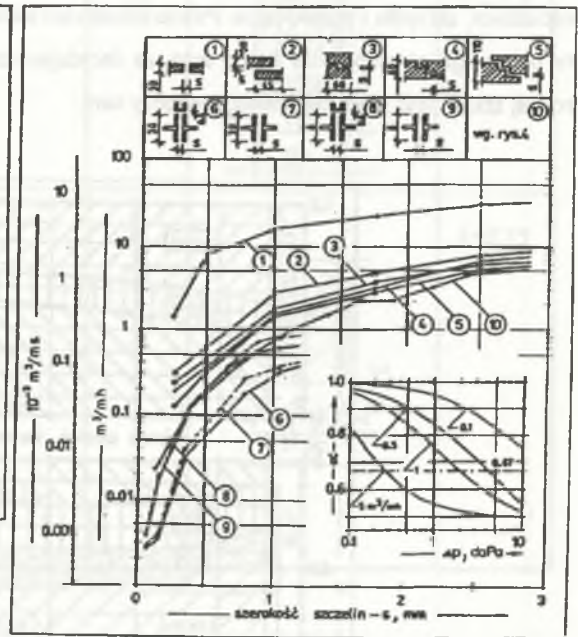
Rys. 13. Zależność udziału powietrza przenikającego przez wybrane elementy budowlane obiektów jednorodzinnych A i mieszkań w obiektach wielorodzinnych B w całkowitej ilości powietrza w nich wymienianego od różnicy ciśnień (dane zebrane w wyniku badań ciśnieniowych) [9]

Fig. 13. Dependence of the share of air penetrating the selected construction components in single family houses A and flats in apartment houses B in the total amount of air exchanged wherein on the pressure differences (data collected as a result of pressure testing)

Opór cieplny międzyszybowych warstw powietrza wzrasta wraz z odległością między szybami. Wzrost ten ma istotne znaczenie dla rozstawu szyb do około 3 cm, również podobny efekt można uzyskać przy rozstawie 10 cm, co jest korzystniejsze ze względu na tłumienie hałasów [8]. Na wartość współczynnika przenikania ciepła wpływa również temperatura szyb. Wraz ze wzrostem różnicy temperatur szyb wzrasta współczynnik przewodzenia ciepła przez konwekcję [8].

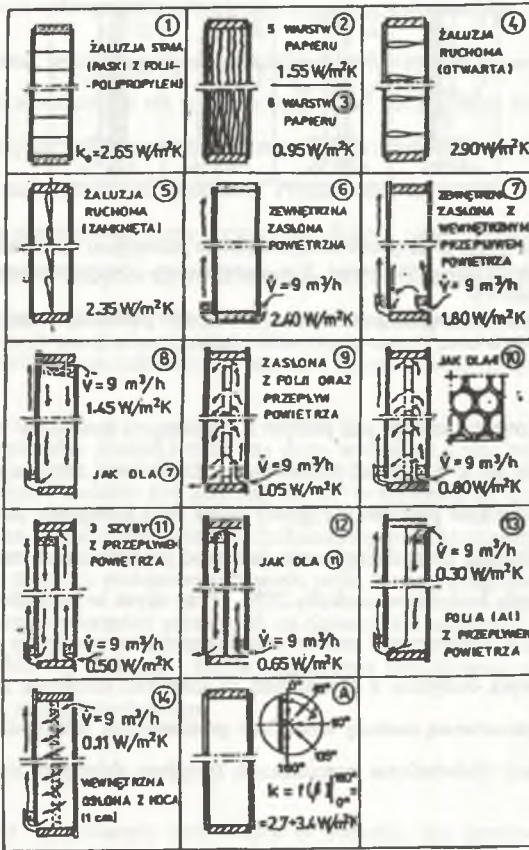


Rys. 14. Wyniki badań przenikania powietrza przez szczelinę między ościeżnicą a skrzydeł istniejącego okna [9]
 Fig. 14. Testing results of air penetration through the gap between the window frame and casement



Rys. 15. Zależność ilości powietrza przepływającego przez wybrane szczeliny od ich szerokości (1+5), 10 - szczeliny w oknach drewnianych; 6+8 szczeliny w oknach metalowych) [9]
 Fig. 15. Dependence of the amount of air flowing through the selected gaps on the width of these gaps (1+5), 10 - gaps in wooden windows, 6+8 - gaps in metal windows

Kolejnym czynnikiem wpływającym na straty ciepłe budynków jest zagadnienie szczelności okien, tzn. szczelność szczelin pomiędzy elementami ruchomymi okien a stałymi (tzn. ościeżnicami). Współczynniki przenikania powietrza przez okna stosowane w obiektach budownictwa mieszkaniowego powinny wynosić od 0,5 do 1,0 m³ / mh. Są one w ogromnym stopniu uzależnione od szerokości szczelin [9],[10].



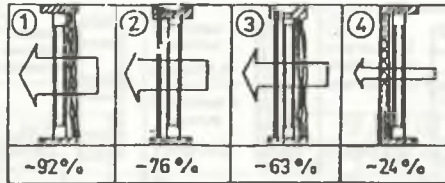
Rys. 16. Schematyczne zestawienie konstrukcji badanych okien i uzyskanych dla nich wartości współczynników przenikania ciepła (dla $R=50 \text{ mm}$) [9]; R - odległość pomiędzy szymbami

Fig. 16. Diagram presenting the constructions of tested windows and the values of obtained overall heat-transfer coefficients (for $R=50 \text{ mm}$); R - distance between the panes

Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że na wartość współczynników przenikania powietrza prócz szerokości szczelin mają wpływ ich głębokości, przy czym wartości współczynników dla głębszych szczelin są mniejsze.

Zwiększenie izolacyjności cieplnej i szczelności okien uzyskiwać można przez:

- zwiększenie wymagań dokładności w produkcji okien oraz ich konserwacja w trakcie użytkowania,
- poszukiwanie udoskonalonych lub nowych rozwiązań i technologii,
- zastosowanie osłon termoizolacyjnych [8].



Rys. 17. Zmniejszenie strat ciepła przez typowe okna (o oszkleniu podwójnym) w zależności od rodzaju osłon ciepłych: 1) wewnętrzne zasłony tkaninowe. 2) zewnętrzne rolety z tworzywa sztucznego. 3) jak w 1) i 2), 4) zewnętrzne okiennice [9]

Fig. 17. Reduction of heat loss through regular windows (with double panes) depending on the kind of heat shields, 1) inner cloth curtains, 2) outer plastic roller shades, 3) as in 1) and 2), 4) outer window shutters

Racjonalne użytkowanie energii jest jednym z najtańszych sposobów zaspokajania potrzeb energetycznych. Łączy się to z szeroko rozumianymi działaniami zmierzającymi do ograniczenia strat ciepłych budynków poprzez przegrody pełne oraz przegrody przeszklone. Wprowadzenie ww. zmian odnośnie do rozwiązywania przegród przeszklonych może doprowadzić do zmniejszenia strat ciepła budynków o około 20%. Przy czym w podejmowanych działaniach nie można zapominać o konieczności zachowania kompromisu pomiędzy działaniami na rzecz zmniejszenia strat ciepła budynku a działaniami w kierunku ustalenia szczelności okien ze względu na ogólnie stosowaną metodę wentylacji pomieszczeń w budynkach, ochronę przed hałasem, zagadnieniami doświetlania pomieszczeń światłem dziennym oraz czynnikami ekonomicznym.

Przykłady rozwiązywania przeszkleń

Otwory okienne i wszelkie przeszklenia traktowane jako jeden z podstawowych elementów kompozycji architektonicznej obiektu mają na celu doświetlenie wnętrza, umożliwienie wizualnego kontaktu z otoczeniem oraz zapewnienie wymiany powietrza.

Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody przeszklone są kilkakrotnie większe od współczynników dla przegród pełnych. Średnio powierzchnia okien stanowi 7+15% powierzchni przegród zewnętrznych budynku, natomiast udział strat ciepła przez okna waha się w przedziale 40+70 % zasadniczych strat ciepła w budynkach [9].

Ograniczenie osiąga się obecnie różnymi sposobami:

- przez stosowanie dodatkowej szyby,
- przez stosowanie okien o większej szczelności,

- przez stosowanie szkła z powłokami refleksyjnymi o małej emisyjności,
- przez stosowanie osłon, takich jak: okiennice, rolety, żaluzje, folie przezroczyste.

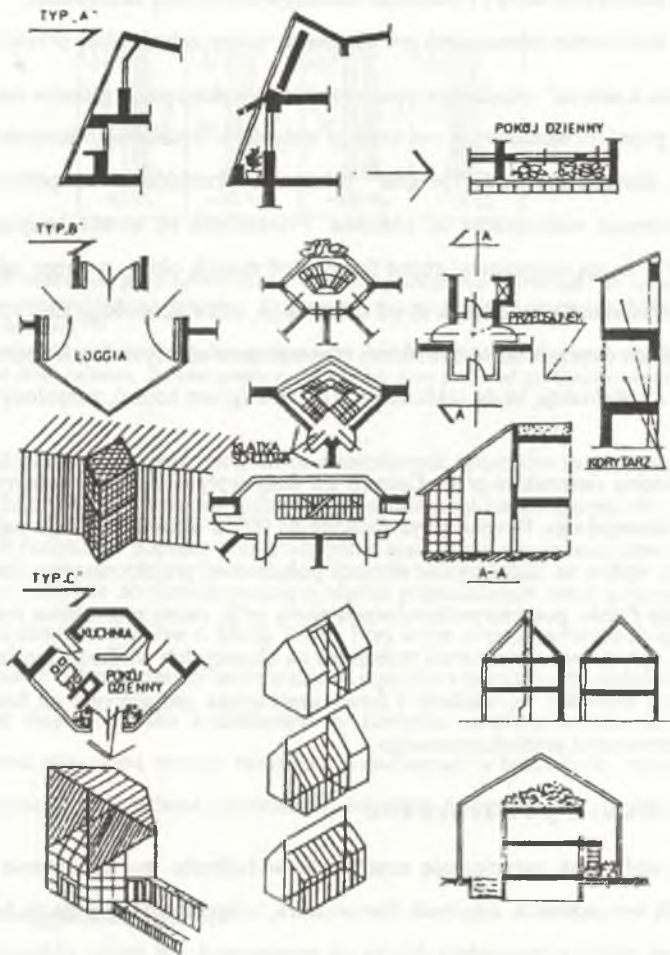
"Architektura solarna" wszelkiego typu przeszklenia wykorzystuje głównie do wpuszczenia i zatrzymania promieni słonecznych we wnętrzu budynków. Rozważając kierunki i kąty padania promieni słonecznych preferuje ona minimalne przeszklenie od północy, wschodu i zachodu, natomiast maksymalne od południa. Przeszklenia te, zwane "cieplarniami" ang.: "conservatory", mogą przyjmować różne formy - od dużych okien, poprzez szklarnie lub oranżerie wkomponowane w budynek aż po konstrukcje, które obudowują całą kubaturę obiektu. Funkcja takich cieplarni może być różna: od przestrzeni nieużytecznych poprzez przestrzenie związane z konstrukcją aż do szklarni czy oranżerii (green house), zespolonych z pokojem dziennym.

Kąt ustawienia elementów przeszklonych ma duży wpływ na ilość "wyląpywanego" promieniowania słonecznego. Powinien być zbliżony do 90° w stosunku do kąta padania promieni. Ma to duży wpływ na kształtowanie elewacji południowej projektowanego obiektu.

W klimacie Polski, pomimo podejmowania wielu prób, raczej niemożliwe jest jednoznaczne określenie optymalnej powierzchni przeszkleń na elewacji lub wielkości cieplarni w stosunku do kubatury budynku. Jej wielkość i forma uzależniona jest głównie od funkcji, jaką ma pełnić i od rozwiązania architektonicznego.

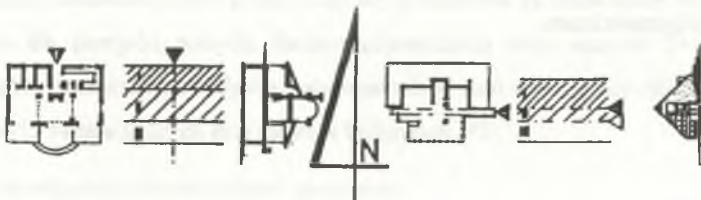
Strefowanie pomieszczeń

Znaczny wpływ na ograniczenie strat ciepła w budynku ma strefowanie pomieszczeń o tych samych wymaganiach cieplnych (temperatura, mikroklimat). Polega to na grupowaniu w poziomie lub pionie odpowiednio dobranych pomieszczeń: od strony północnej i zewnętrznej tworzenie strefy buforowej z pomieszczeń nie wymagających nadmiernego ogrzewania, natomiast tworzenie cieplarni od strony południowej. Pomieszczenia o wyższych wymaganiach cieplnych również mogą być strefowane przez regulację ich powierzchni, tzn. ograniczanie jej zimą, a powiększanie latem.



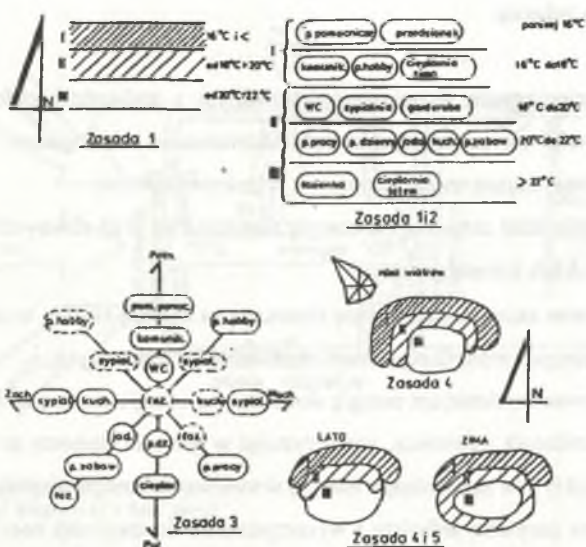
Rys. 18. Typy cieplarni: A, B, C [4]

Fig. 18. Types of greenhouses: A, B, C



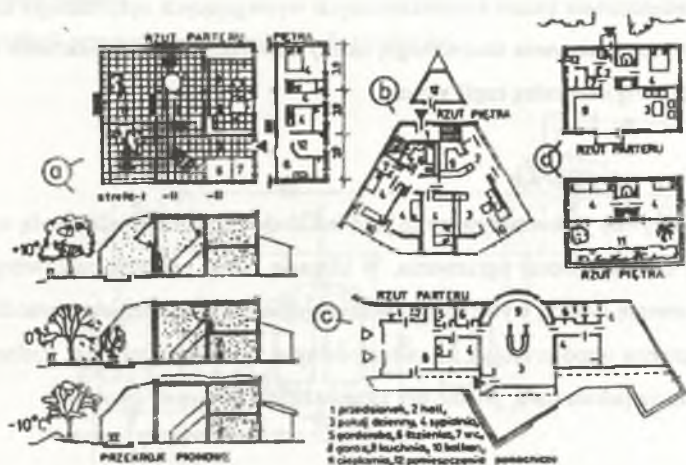
Rys. 19. Strefowanie pomieszczeń w budynku, w stosunku do stref świetlnych i temperaturowych [4]

Fig. 19. Zoning of rooms in the building with respect to light and temperature zones



Rys. 20. Pięć zasad rozmieszczania pomieszczeń w domach jednorodzinnych wykorzystujących systemy bierne [4]

Fig. 20. Five principles for the distribution of rooms in single family houses where passive systems have been applied



Rys. 21. Rozkład pomieszczeń w domach wykorzystujących systemy bierne: [4] a) dom szeregowy w Thuro (Dania), arch. B. Lundgaard, G. Rotne i inni - 1980. b) dom wolno stojący w Bad Vilbel (rfrn) - 1984. c) dom wolno stojący w Wormington (USA), arch. D. Wright - 1978. d) dom w Vantga (Finlandia), arch. H. Heipinen - 1979

Fig. 21. Distribution of rooms in house: with passive systems applied: a) terraced house in Thuro (Denmark), arch. B. Lundgaard, G. Rotne et. ei - 1980; b) detached house in Bad Vilbel (rfrn) - 1984; c) detached in Wormington (USA), arch. D. Wright - 1978; d) house in Vantga (Finland), arch. H. Heipinen - 1979

2.3. Architektura solarna

Energia promieniowania słonecznego jest jednym z najbardziej obiecujących niekonwencjonalnych źródeł energii, dającym korzyści ekonomiczne i ekologiczne.

Systemy wykorzystujące energię słoneczną w budownictwie to:

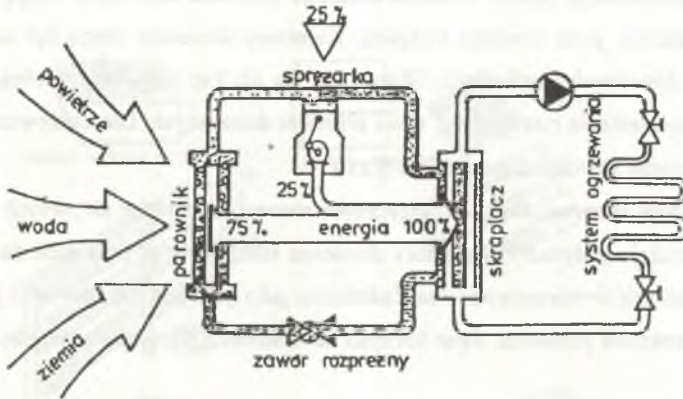
- systemy bezpośrednie zamieniające energię słoneczną na prąd elektryczny w bateriach fotowoltaicznych lub fotoelektrycznych,
- systemy aktywne zamieniające energię słoneczną na energię ciepłą w urządzeniach instalacyjnych, będących modyfikacją klasycznych instalacji grzewczych,
- systemy pasywne zamieniające energię słoneczną na energię ciepłą na drodze promieniowania, przewodzenia, konwekcji, wykorzystując w tym celu elementy struktury budynku,
- systemy semiaktywne zamieniające energię słoneczną na energię ciepłą w sposób podobny jak systemy pasywne, jednakże z wykorzystaniem do transmisji energii cieplnej powietrza w obiegu wymuszonym.

Systemy bezpośrednie

Ingerencja systemów bezpośrednich w architekturę obiektów, które obsługują jest niewielka. Oprócz umieszczenia baterii fotoelektrycznych wymagających optymalnego ukierunkowania względem promieniowania słonecznego, należy zaprojektować pomieszczenie na akumulatory, które stanowią integralną część systemu.

Systemy aktywne

Systemy aktywne wykorzystywane są jako instalacje przygotowujące ciepłą wodę użytkową oraz jako czynne systemy ogrzewania. W klimacie Polski pokrycie całkowitego zapotrzebowania na energię ciepłą wyłącznie za pomocą energii słonecznej jest niemożliwe, dlatego też systemy czynne współpracują z konwencjonalnymi źródłami ciepła, np. kotłami centralnego ogrzewania na paliwa stałe, płynne czy gazowe oraz z pompami ciepłymi.

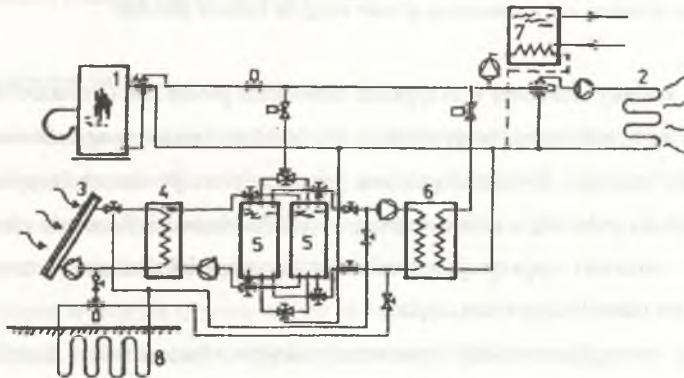


Rys. 22. Schemat działania pompy ciepła [4]

Fig. 22. Functional diagram of a heat pump

Wszystkie systemy aktywne pracujące w klimacie zbliżonym do polskiego zbudowane są z:

- kolektorów słonecznych,
- zbiorników magazynujących ciepło,
- współpracującego źródła ciepła,
- pompy ciepłej,
- instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej.

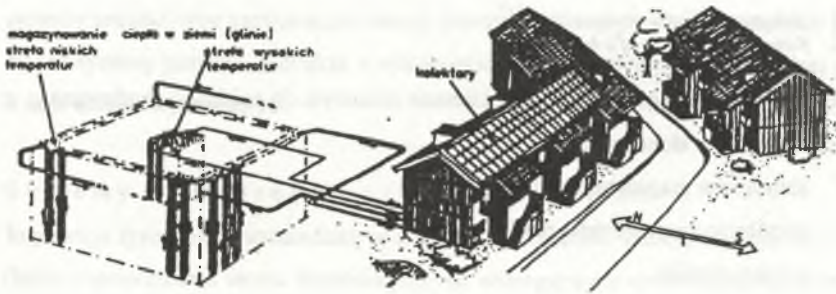


Rys. 23. Schemat instalacji ciepłej w budynku doświadczalnym firmy BBC w Walldorfie: 1) kocioł olejowy, 2) ogrzewanie podłogowe, 3) kolektory słoneczne, 4) wymiennik ciepła, 5) zasobnik ciepła, 6) pompa ciepła, 7) podgrzewacz c.w.u., 8) węzownica w gruncie [4]

Fig. 23. Diagram of heating system in the experimental house owned by the BBC in Walldorf: 1) oil boiler, 2) floor heating, 3) solar collector, 4) heat exchanger, 5) heat accumulator, 6) heat pump, 7) water heater, 8) coil in the ground

Z architektonicznego punktu widzenia instalacje systemów aktywnych mogą być rozwiązywane niezależnie, poza obrębem budynku. Kolektory słoneczne mogą być ustawiane na ziemi lub na dowolnych platformach. Ważne jest, by ich kąt nachylenia spełniał optymalne warunki do pochłaniania maksymalnej ilości promieni słonecznych. Dla ogrzewania całorocznego jest on równy szerokości geograficznej $\pm 10^\circ$.

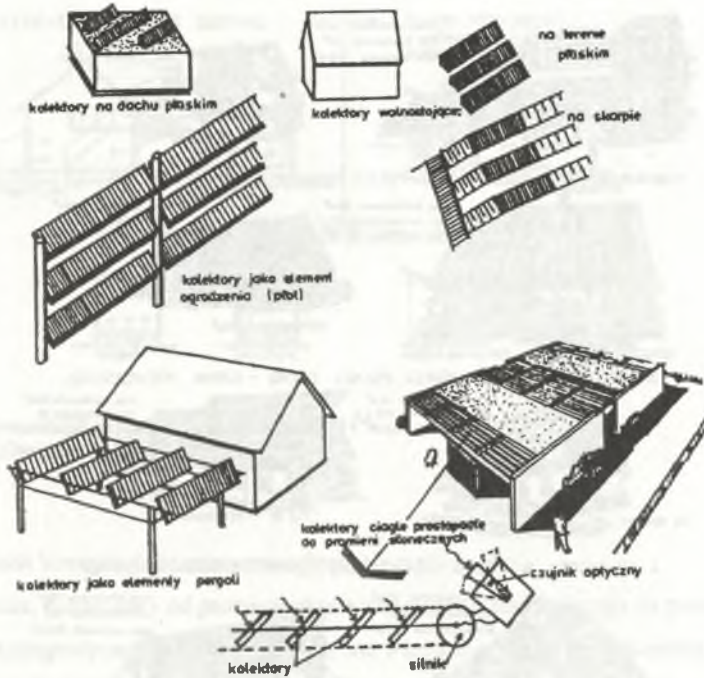
Ze względów ekonomicznych i praktycznych elementy systemów aktywnych są kompilowane z konstrukcją budynków. Kolektory słoneczne instaluje się w połaciach dachowych. W takich przypadkach wykorzystywane są dodatkowo jako pokrycie dachów oraz jako izolacja termiczna przestrzeni poddasza, dając korzyści ekonomiczne płynące z oszczędności materiałów.



Rys. 24. System ogrzewania i magazynowania energii słonecznej w Kullavik (Szwecja) [4]
 Fig. 24. System of heating and accumulating of solar energy in Kullavik (Sweden)

Czynne systemy słoneczne w przypadku niewielkich powierzchni kolektorów nie wpływają znacząco na kształtowanie bryły obiektu. Do takich rozwiązań mogą również być adaptowane obiekty istniejące. Wyróżniają się one jedynie większą powierzchnią połaci dachowych skierowanych na południe, z umieszczonymi na nich kolektorami. Pozostałe elementy systemu aktywnego - zbiorniki magazynujące ciepło - powinny być lokalizowane wewnątrz obiektów ze względu na nieuniknione straty ciepła.

Systemy wymagające większych powierzchni kolektorów w znaczny sposób wpływają na poszukiwanie nowych form architektonicznych rozwiązania bryły budynku, które będą w stanie sprostać wymaganiom technologicznym, technicznym i estetycznym.



Rys. 25. Kolektory nie związane ze strukturą budynku [4]

Fig. 25. Collectors not connected with the building structure

Systemy pasywne bierne

Systemy te charakteryzują się bezpośrednim wykorzystaniem promieniowania słonecznego do ogrzewania pomieszczeń. Nie wymagają one specjalnych instalacji. Rolę kolektora słonecznego i zasobnika ciepła pełnią odpowiednio przegrody budynku. Systemy te zdobyły dużą popularność nawet w krajach o mniejszym nasłonecznieniu.

Systemy bierne wywierają znaczny wpływ na kształtowanie bryły budynku, rozplanowanie w nim pomieszczeń i ich orientację względem stron świata. Ma na to wpływ:

- czas trwania i intensywność promieniowania,
- izolacja termiczna i szczelność budowli, w granicach opłacalności,

1. KOLEKTORY JAKO ELEMENTY ELEWACJI POŁUDNIOWEJ



2. KOLEKTORY W POŁUDNIOWEJ POŁACI DACHU - FORMA TRADYCYJNA



3. KOLEKTORY W POŁUDNIOWEJ POŁACI DACHU - FORMA NIEWŁAŚCIWA



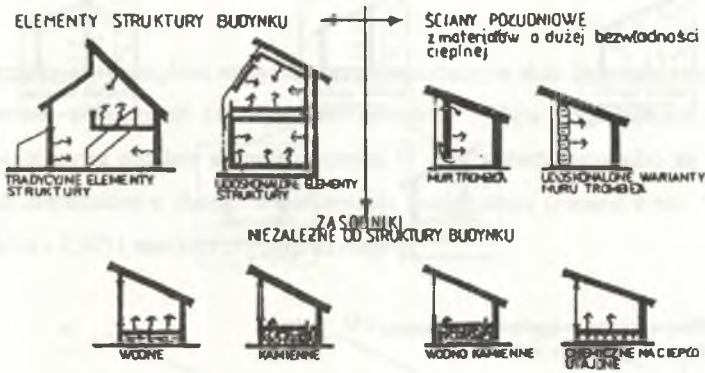
4. KOLEKTORY W POŁACI POŁUDNIOWEJ - „ARCHITEKTURA SOLARNA”



Rys. 26. Kolektory związane ze strukturą budynku [4]
Fig. 26. Collectors connected with the building structure

- powierzchnie przeszklone, ze względu na wymiary i umiejscowienie (muszą zapewnić maksymalne zyski ciepła od nasłonecznienia w sezonie ogrzewczym, a w okresie letnim - możliwie małe nagrzewanie wnętrza),
- dobór materiałów budowlanych (muszą posiadać dużą pojemność i statyczność cieplną oraz dobre właściwości pochłaniania promieniowania słonecznego).

Funkcję kolektorów słonecznych w przypadku systemów biernych pełnią elementy przeszklone na elewacji budynku. Akumulacja ciepła odbywa się w wewnętrznych przegrodach budowlanych (ścianach, stropach), specjalnych zbiornikach o dużej pojemności cieplnej, które niejednokrotnie powlekane są specjalnymi masami termicznymi zwiększającymi pochłanianie, pojemność i statyczność cieplną.



Rys. 27. Magazyny energii cieplnej w systemach biernych [4]
 Fig. 27. Stores of heat energy in passive systems

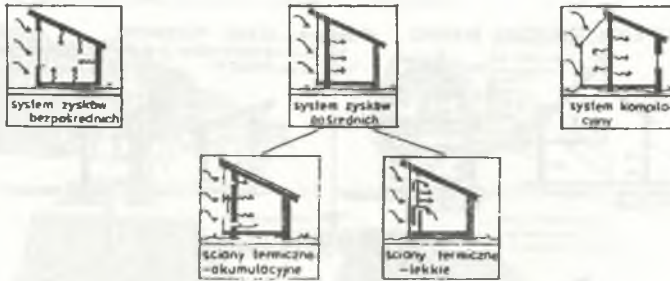
W systemach biernych duże znaczenie odgrywiają zyski ciepła:

- bezpośrednie, pierwotne - od promieniowania słonecznego docierającego do pomieszczenia przez przegrody przeszklone; powodują one wzrost temperatury odczuwalnej w pomieszczeniu w dzień na skutek wielokrotnego odbicia i rozproszenia promieniowania ciepłego,
- bezpośrednie, wtórne - oddawane z pewnym opóźnieniem przez "masę termiczną" przegród [10].

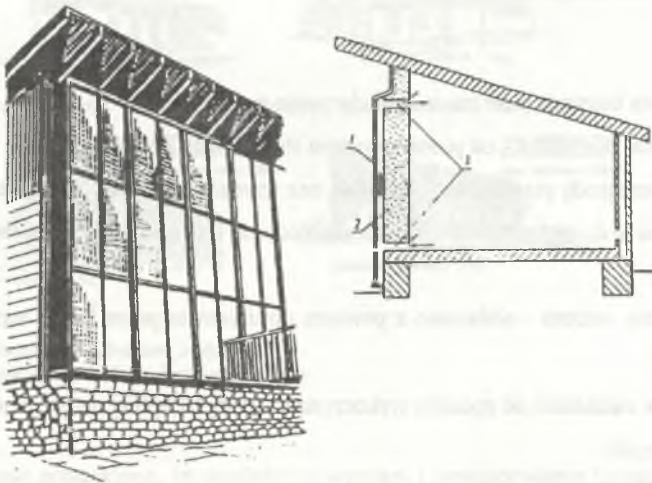
Stąd też, w zależności od sposobu wykorzystania energii cieplnej rozróżniamy parę typów systemów biernych:

- system zysków bezpośrednich,
- systemy zysków pośrednich
 - ściany akumulacyjne,
 - ściany lekkie
- systemy kompilacyjne

W systemach biernych często ten sam element pełni rolę kolektora, zasobnika i emitera ciepła, np. ściana Trombe'a [10].



Rys. 28. Klasyfikacja systemów biernych (pasywnych) [4]
 Fig. 28. Classification of passive systems

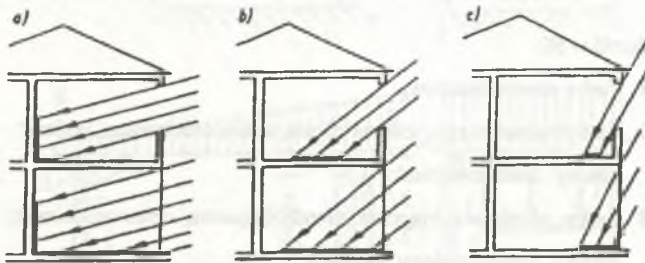


Rys. 29. Dom słoneczny wg projektu F. Trombe'a: fragment ściany oszklonej, schemat; 1) oszklenie, 2) ściana kolektorowo-magazynowa, 3) otwory wentylacyjne [4]
 Fig. 29. Solar house according to the project of F. Trombe: fragment of glass wall; scheme: 1) glazing, 2) collector-store wall, 3) ventilating holes

Ze względów technicznych i ekonomicznych opłacalne jest łączenie systemów biernych i czynnych, powoduje to wzrost sprawności całego układu. Przykładem może być system semiaktywny, w którym ciepło uzyskane w sposób bierny magazynowane jest w złożu np. umieszczonym pod budynkiem i rozprowadzane mechanicznie do odpowiednich pomieszczeń.

Najpopularniejsze w systemach biernych są kolektory ściennie, elewacyjne i okienne, natomiast dachowe preferowane w ogrzewaniach słonecznych aktywnych, mają mniejsze zastosowanie.

Ze względu na nieciągłość napływu energii słonecznej w skali doby czy roku, we wszystkich systemach słonecznych (za wyjątkiem systemów zysków bezpośrednich pierwotnych) istotną rolę odgrywa problem akumulacji ciepła. W przegrodach sprowadza się to do doboru właściwych materiałów o dużym współczynniku pochłaniania (ciemne tynki - 0,73; czarna matowa farba - 0,97) i znacznej pojemności cieplnej.



Rys. 30. Wpływ wielkości oszklenia i pory roku na zasięg padania promieni słonecznych do wnętrza pomieszczenia (szerokość geograficzna 52°N), a-zima, b-wiosna, c-jesień, d-lato

Fig. 30. Influence of the extent of glazing and year season on the range of the sunbeam penetration into the room (latitude 52°N), a-winter, b-spring, c-autumn, d-summer

Tabela 2

Właściwości cieplne materiałów (wg PN-82/B-02020)

Material	Gęstość objętościowa w stanie suchym kg/m^3	Pojemność cieplna właściwa (ciepło właściwe) $\text{KJ}/(\text{kg} \times \text{K})$	Pojemność cieplna 1m^3 $\text{KJ}(\text{m}^3 \times \text{K})$	Współczynnik przewodności cieplnej $\text{W}/\text{m} \times \text{K}$
1	2	3	4	5
Drewno (jodła, sosna)	550	2,51	1380	0,16
Żwir	1800	0,84	1512	0,70
Cegła ceramiczna pełna wypalana	1800	0,88	1584	0,78

1	2	3	4	5
Cegła niewypalana suszona na słońcu	1700	1,0	1700	0,52
Beton z kruszywa kamienne-go	2200	0,84	1848	1,3
Woda	1000	4,19	4190	0,56

Współczynniki pochłaniania promieniowania słonecznego

Pochłanianie w %:

0,98 - 0,95 Farba czarna matowa

0,92 - 0,90 Farby: ciemnoszara, czarna olejna, ciemnoniebieska; lakiery: czarny, ciemnoniebieski

0,89 - 0,88 Farby: oliwkowa, brązowa, ciemnobrązowa, ciemnoniebieska; lakiery: ciemnozielony, błękitny

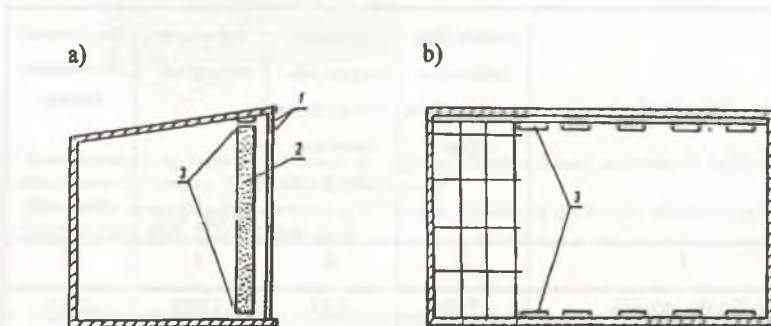
0,85 - 0,80 Farby: brązowa, średniobrązowa, jasnobrązowa

0,79 - 0,78 Farba średniordzawa; lakiery: brązowy, zielony

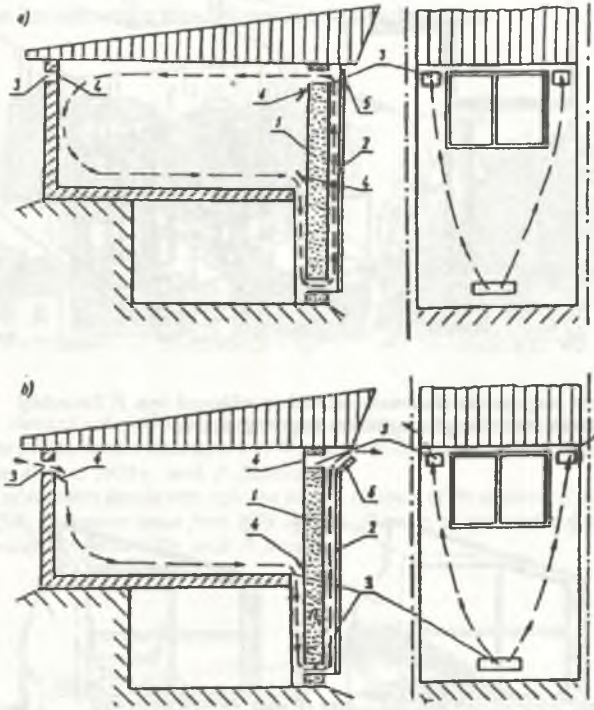
0,75 - 0,74 Farby olejne: jasnoszara, czerwona

0,70 Farba ceglasta

0,65 Kolor betonu



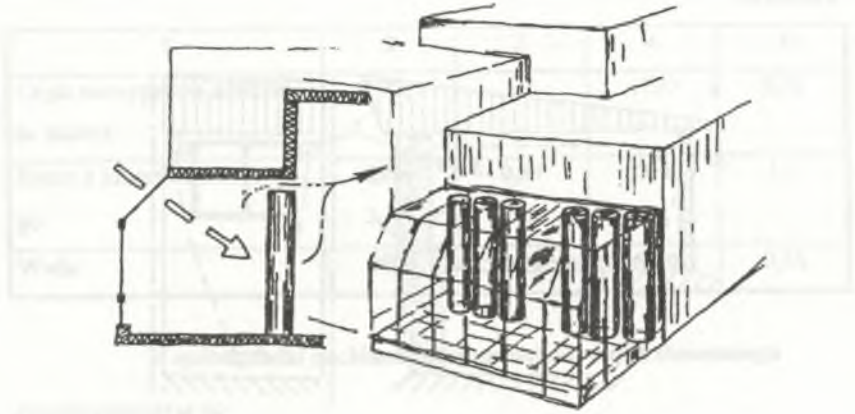
Rys. 31. Schemat ściany kolektorowo-magazynowej: a) przekrój poprzeczny domu, b) elewacja południowa; 1) oszklelenie, 2) ściana kolektorowo-magazynowa, 3) otwory wentylacyjne
 Fig. 31. Diagram of the store-collector wall: a) cross-section of the house, b) southern facade, 1) glazing, 2) store-collector wall, 3) ventilating holes



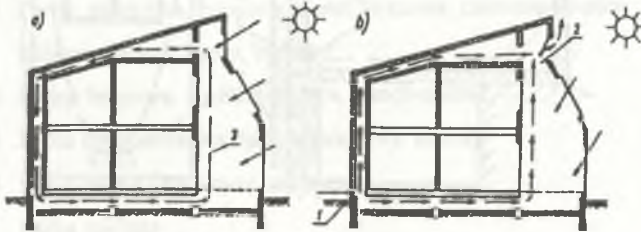
Rys. 32. Schemat domu słonecznego wg projektu Trombe'a Michela w Odeillo (Francja): a) ogrzewanie w okresie chłodnym, b) chłodzenie w okresie ciepłym. 1) ściana kolektorowo-magazynowa, 2) podwójne oszklenie, 3) otwory wentylacyjne, 4) zasuwki, 5) uchylany wywietrznik

Fig. 32. Diagram of the solar house according to the project of Trombe Michel in Odeillo (France): a) heating in cold period; b) cooling in warm period, 1) store-collector wall, 2) double glazing, 3) ventilating holes, 4) bolts, 5) openable ventilator

Systemy bierno kompilacyjne charakteryzują się tym, że łączą powyższe rozwiązania. Promieniowanie słoneczne przenikając przez powierzchnie przeszklone od strony południowej dzięki efektowi szklarniowemu ogrzewa przestrzeń zamkniętą w przeszklonej kubaturze (szklarni, która stanowi kolektor słoneczny). Szklarnie te na ogół powiązane są konstrukcyjnie z budynkiem. Posiadają różne funkcje, najczęściej komunikacyjne lub rekreacyjne.



Rys. 33. Wodna ściana magazynowa zbudowana z cylindrów szklanych (rys. P. Zawadzki)
 Fig. 33. Water store wall built from glass cylinders (e. g. P. Zawadzki)



Rys. 34. Przybudówka werandowa z obiegiem powietrza wokół budynku: a) obieg ciepłego powietrza w okresie chłodnym, b) obieg chłodnego powietrza w okresie ciepłym, 1) wlot chłodnego powietrza, 2) wylot ogrzanego powietrza, 3) zamknięty obieg ogrzanego powietrza w okresie chłodnym
 Fig. 34. Veranda outhouse with air circulation around the building: a) hot air circulation in cold period, b) cold air circulation in hot period, 1) inlet of cold air, 2) outlet of heated air, 3) closed cycle of heated air in cold period

Wpływ systemów biernych na rozwiązanie architektoniczne obiektów

Projektowanie architektoniczne energooszczędnych obiektów wykorzystujących promieniowanie słoneczne w sposób bierny, prócz tradycyjnych działań, wymaga spełnienia następujących warunków:

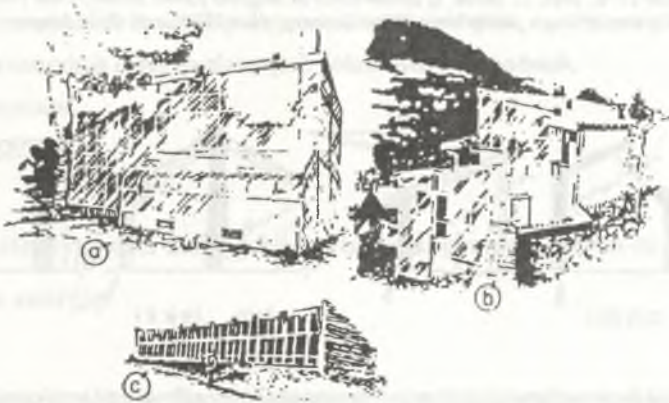
- właściwa lokalizacja budynku w terenie (omówiono w p. I.1.)
- rozwiązanie otoczenia (omówiono w p. I.1.)
- strefowanie pomieszczeń - funkcja budynku (p. I.2.)
- kształtowanie bryły budynku (omówiono w p. I.2.)

- dobór materiałów budowlanych
- dobór odpowiedniej konstrukcji budynku
- odmienne kształtowanie elewacji połudn. i półn. budynku



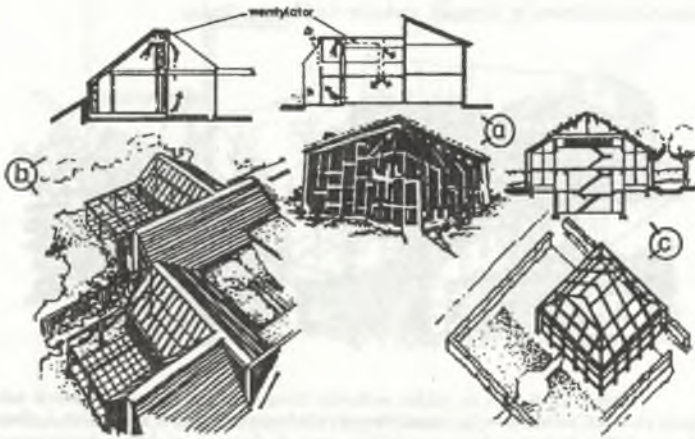
Rys. 35. Przykłady elewacji południowej z płaszczyznami refleksyjnymi: a) dom architekta S. Baera w Corrales, stan N. Mexico (USA), b) dom wakacyjny z 1979 r., arch. R. Shannon, c) dom w departamencie Vendée (półn. Francja) 47°N z 1978 r., arch. P. Boisseau [4]

Fig. 35. Examples of southern facade with reflexive planes: a) house of the architect S. Baer in Corrales state N. Mexico (USA), b) summer house from 1979, arch. R. Shannon, c) house in the department Vendée (northern France) 47°N from 1978, arch. P. Boisseau



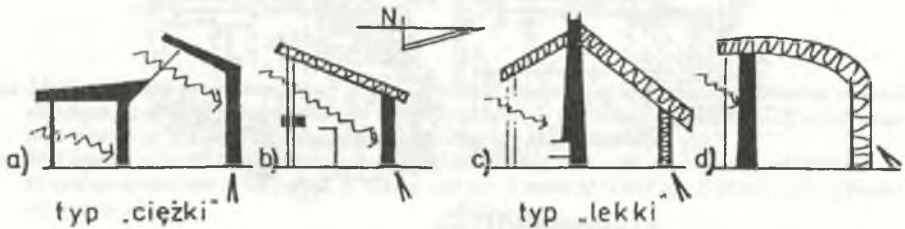
Rys. 36. Przykłady elewacji południowych w domach stosujących systemy pośrednie: a) dom w Princetown - N. Jersey (USA) z 1975 r., arch. D. Kelbaugh, b) dom w Briançon (północna Francja) z 1975 r., arch. Ch. Mellet, c) dom w Bebbington (W. Brytania) z 1979 r. [4]

Fig. 36. Examples of southern facades in houses with indirect systems applied: a) house in Princetown - N. Jersey (USA) from 1975, arch. D. Kelbaugh, b) house in Briançon (northern France) from 1975, arch. Ch. Mellet, c) house in Bebbington (Great Britain) from 1979 r.



Rys. 37. Rozwiązanie partii południowej domów z cieplarniami: a) dom w Lotet Garone (Francja) z 1978 r., arch. D. Gorse, b) dom atrialny w Sheffield (W. Brytania) z 1980., arch. C. Green, B. Gordon, c) dom jednorodzinny (RFN) z 1979 r., arch. O. M. Megers [4]

Fig. 37. Solutions where southern parts of the houses were turned into greenhouses: a) house in Lotet Garone (France) from 1978., arch. D. Gorse, b) atrium house in Sheffield (Great Britain) from 1980, arch. C. Green, B. Gordon, c) single family house (West Germany) from 1979, arch. O. M. Megers



Rys. 38. Przekroje domów pokazujące uzależnienie rozwiązania ściany północnej od rozwiązania systemu biernego [4]

Fig. 38. Sections of houses showing how the solution of the northern wall depends on the solution of passive system

2.4. Rozwiązania konstrukcyjne

Schematem energetycznym działania energooszczędnych, ekologicznych obiektów budowlanych jest:

- wychwytywanie maksymalnych ilości ciepła pochodzącego od promieniowania słonecznego,
- magazynowanie ciepła,
- oddawanie ciepła w chwili zapotrzebowania na nie,
- współdziałanie tradycyjnych systemów grzewczych z niekonwencjonalnymi.

Konstrukcja takich budynków musi być dostosowana do ich zadań i potrzeb.

Charakteryzuje się ona następującymi elementami:

- zwarta bryła zbliżona do kuli lub sześcianu,
- od strony południowej konstrukcje szkieletowe, przeszklone (cieplarnie),
- "ciepłe" ściany od strony północnej,
- ściany wewnętrzne i stropy o dużej pojemności cieplnej (ewentualnie dodatkowe magazyny ciepła),
- specjalne wzmocnienia konstrukcji do montowania kolektorów słonecznych,
- specjalne konstrukcje okien na elewacjach północnych i wschodnich,
- ściany kurtynowe.

3. Analiza efektywności działań budowlanych ograniczających zapotrzebowanie na energię

Pomimo tego, że problem oszczędzania energii i wynikające z niego zagadnienia budownictwa energooszczędnego istnieją już w świadomości społeczeństwa, nie ma jeszcze czytelnego programu działań. Nie istnieje polityka energetyczna państwa warunkująca uzyskanie efektów w rozwiązaniach energooszczędnych. W rozdziale tym zajęto się omówieniem podstawowych działań mogących mieć wpływ na zmniejszenie energochłonności budownictwa mieszkaniowego.

Kryterium minimalizacji zużycia energii wynika z:

- minimalizacji zużycia ograniczonych zasobów naturalnych planety,

- ograniczenia zanieczyszczeń biosfery,
- ograniczenia degradacji środowiska naturalnego (szkody górnicze na terenie Śląska, zanieczyszczenia wydalone przez elektrownie, zakłady chemiczne i kopalnie odkrywkowe rujnujące biosferę, awarie elektrowni jądrowych itp.).

Powyższe, obiektywne kryteria mogą nie mieć dużego znaczenia dla determinowania działań poszczególnych osób jak i organizacji, o ile nie będą miały bezpośredniego wpływu na ich subiektywny interes, jakim jest w wielu przypadkach kryterium kosztowe. Dlatego też w badaniach naukowych, jak i poszukiwaniach konkretnych, nowatorskich rozwiązań technicznych konieczne jest uwzględnienie wymienionego uprzednio kryterium kosztowego związanego bezpośrednio z rozwiązaniami energooszczędnymi prowadzącymi do ograniczenia zużycia paliw energooszczędnych.

W zakresie zagadnienia budownictwa energooszczędnego można wyróżnić podstawowe grupy - budownictwo mieszkaniowe - jednorodzinne i wielorodzinne (czyli sfera socjalno-bytowa, która odgrywa niebagatelne znaczenie w związku z istniejącym problemem mieszkaniowym w Polsce) oraz budownictwo ogólne i konstrukcje inżynierskie.

W budownictwie jednorodznym ograniczenie zużycia energii można osiągnąć w sposób najprostszy w najkrótszym czasie. Związane jest to z możliwością przeprowadzenia największej ilości manewrów (zmiennych decyzyjnych) w dziedzinie architektury, konstrukcji, instalacji itp. oraz w zakresie ustaw prawnych.

Wystarczy wymienić przykładowo:

- rozwiązania urbanistyczne i lokalizacyjne,
- wybór formy zabudowy,
- ukształtowanie funkcji,
- kształtowanie przegród zewnętrznych,
- analiza trwałości obiektu względem czasu eksploatacji,
- możliwość wykorzystania energii odnawialnej,
- dostosowanie rozwiązań instalacyjnych do potrzeb socjalnego wykorzystania energii,
- odpowiednia polityka kredytowa
- wprowadzenie kryterium kosztów.

W budownictwie wielorodzinnym wpływ tych rozwiązań ma mniejsze znaczenie ze względu na większą różnorodność oddziaływania aktów decyzyjnych, prawnych, lokalizacyjnych, budowlanych i architektonicznych.

Niemniej wymienione działania powinny być podejmowane ze szczególnym zwróceniem uwagi na rozwiązania konstrukcyjne projektowanych budynków jednorodzinnych. Ograniczenie zużycia energii powinno być jednym z podstawowych kryteriów oceny i weryfikacji powstających koncepcji. Powinno być ich inspiracją.

Konstrukcje inżynierskie, z racji wykorzystywania materiałów o wysokiej energochłonności przy ich produkcji również powinny znaleźć się w zakresie prac prowadzących do stworzenia rozwiązań energooszczędnych.

Istotne znaczenie ma w tym przypadku:

- analiza wyboru najwłaściwszej koncepcji rozwiązania technicznego,
- wybór układu konstrukcyjnego,
- optymalizacja parametrów układu i elementów konstrukcyjnych,
- analiza związku pomiędzy trwałością a energochłonnością obiektu,
- zastosowanie materiałów o niskiej energochłonności przy produkcji (np. konstrukcje drewniane).

4. Próba oceny energochłonności inwestycyjnej i eksploatacyjnej w budownictwie mieszkaniowym [16]

Przy wyborze technologii budynku mieszkalnego nacisk kładzie się na jego energochłonność eksploatacyjną, nie można jednakże zapominać o energooszczędności inwestycyjnej i okresie trwałości budowy, które w ogólnym zestawieniu mają znaczny wpływ na łączną energochłonność budynku. Dowodem na to są badania przeprowadzone na trzech budynkach mieszkalnych o podobnych parametrach wybudowanych w różnych technologiach.

Porównano budynki:

- 1) szkieletowy - ściany o grubości 45 cm z gliny mieszanej ze słomą, o stropach drewnianych, wszelkie ocieplenia z glinosiomy, a stropodach z 15 cm wełny mineralnej, okna trójszybowe;

- 2) tradycyjny - ściany warstwowe murowane z pustaków MAX 22 cm, ocieplone warstwą 8 cm styropianu, licowane cegłą kratówką; stropy żelbetowe gr. 12 cm, stropodach ocieplony warstwą 15 cm wełny mineralnej; podłoga pozbawiona izolacji termicznej; okna standardowe dwuszybowe.
- 3) szkieletowy o konstrukcji drewnianej, ocieplonej 10 cm wełny mineralnej, licowany cegłą silikatową; stropy drewniane, stropodach ocieplony 15 cm warstwą wełny mineralnej; podłoga ocieplona 10 cm warstwą styropianu; okna standardowe, dwuszybowe.

We wszystkich budynkach przyjęto jednakowe ogrzewanie. Do obliczenia nakładu energooszczędności inwestycyjnej przyjęto energochłonność skumulowaną materiałów budowlanych. Pominięto energochłonność pracy sprzętu i transportu ze względu na to, że budynki były realizowane metodą gospodarczą oraz nie uwzględniono energochłonności remontów w okresie użytkowania budynków.

Tabela 3

Energochłonność inwestycyjna E_1 elementów budynków [16]

Elementy budynku	Słomo-głina		Murowany		Kanadyjski	
	powierzchnia m ²	E_1 MJ	powierzchnia m ²	E_1 MJ	powierzchnia m ²	E_1 MJ
Ściany zewnętrzne	166	27089	195	436334	102	92150
Okna i drzwi	14.5	31103	23.3	37693	10	15220
Stropy	145	32924	120.5	63056	94	104000
Podłogi na gruncie	87	43257	77	65118	94	60432
Dach	-	43571	-	39782	-	11274
Razem		177944		641983		283076
		100%		361%		159%

Budynek ze słomo-gliny w stosunku do pozostałych okazał się najmniej energochłonny inwestycyjnie przy podaniu globalnej energochłonności inwestycyjnej tych elementów jego konstrukcji, które mają wpływ na wielkość strat ciepła.

Analizując energooszczędność inwestycyjną dla jednostki elementów budynku uzyskano wyniki podobne, tzn. na korzyść budynku ze słomo-gliny. Wyjątek stanowią jedynie okna z powodu potrójnego szklenia.

Tabela 4

Wskaźniki E_1 na jednostkę obmiarową budynku i elementu [16]

Parametry, elementy budynku	Jedno- stka	Wskaźnik E_1 na jednostkę w MJ					
		słomo-glina		murowany		kanadyjski	
		E_1/jed n.	%	E_1/jed n.	%	E_1/jed n.	%
Budynek							
Powierzchnia za- budowy	m^2	1677	100	6632	393	2573	153
Powierzchnia u- żytkowa	m^2	1593	100	4938	310	3011	189
Kubatura	m^3	324	100	1115	344	745	230
Elementy							
Ściany zewnętrzne	m^2	164	100	2238	1364	903	550
Okna i drzwi	m^2	2145	100	1618	75	1522	71
Stropy	m^2	227	100	523	230	1106	487
Podłogi na gruncie	m^2	497	100	846	170	643	129

Tabela 5

Struktura strat ciepłych - energochłonność eksploatacyjna E_e w MJ/a i struktura % [16]

Elementy budynku	Słomo-glina			Murowany			Kanadyjski		
	pow. m ²	E_e MJ/a	%	pow. m ²	E_e MJ/a	%	pow. m ²	E_e MJ/a	%
Ściany zewnętrzne	166	19782	33	195	27917	29	102	14063	32
Okna i drzwi	14.5	8749	15	23.3	18308	19	10	8576	20
Stropy	145	13998	24	120.5	18635	19	94	9301	21
Podłogi na gruncie	87	8572	14	77	17357	18	94	5771	13
Infiltracja i wentylacja		8304	14		15316	15		6127	14
Razem		59406	100		97632	100		43838	100

Energochłonność eksploatacyjną obliczono przy uwzględnieniu infiltracji powietrza, wentylacji pomieszczeń oraz średnich temperatur miesięcznych podczas okresu grzewczego, zgodnie z obowiązującą normą cieplną. Z analizy energooszczędności eksploatacyjnej wymienionych budynków wynika, że najmniejszą wartością szczyli się konstrukcja drewniana budynku tradycyjnego, następnie budynek ze słomo-gliny, a najwyższą energooszczędność w trakcie eksploatacji wykazuje budynek murowany.

Do łącznej oceny energochłonności inwestycyjnej i eksploatacyjnej przyjęto jeszcze jeden parametr, jakim jest trwałość budynku:

- budynek słomo-glinowy użytkuje się przez 50 lat,
- budynek murowany 80 lat,
- budynek kanadyjski 40 lat.

Roczna łączna wartość energochłonności obiektu wyraża się wzorem [16]:

$$E_R = \frac{E_I}{t} + E_e$$

gdzie: E_I - energochłonność inwestycyjna

E_e - energochłonność eksploatacyjna na rok

t - okres trwałości budynku

Najniższą wartość E_R wykazał budynek kanadyjski, natomiast murowany najwyższą. Wielkości te wskazują na to, że globalnie najbardziej oszczędnym budynkiem pod względem energetycznym jest budynek szkieletowy o konstrukcji drewnianej. Jednakże konkuruje z nim budynek z glino-słomy natomiast budynek tradycyjny murowany wykazuje energooszczędność dwukrotnie wyższą.

Łączna wartość rocznej energochłonności budynków w przeliczeniu na jednostki powierzchni użytkowej i kubatury wykazała, że minimalnie efektywniejszy jest budynek ze słomo-gliny.

Tabela 6

Roczna rata łącznej energochłonności E_R [MJ/a] [16]

	Słomo-glina	Murowany	Kanadyjski
E_R budynku	62965	105657	50915
$E_R/1m^2p.u.$	564	813	542
$E_R/1m^3$	115	183	134
$E_R/1m^2p.z.$	153	254	170

p.z. - powierzchnia wszystkich przegród zewnętrznych ściany, przeszklenia, stropy, podłogi na gruncie

5. Projektowanie i realizacja energooszczędnych budynków drewnianych o konstrukcji szkieletowej

Analiza zależności pomiędzy energochłonnością inwestycyjną i eksploatacyjną w trzech wariantach zabudowy mieszkaniowej (tj. tradycyjnej, murowanej, szkieletowej o ścianach z wypełnieniem z gliny ze słomą oraz budynku o drewnianym szkielecie typu kanadyjskiego) doprowadziła do wniosku, że energochłonność eksploatacyjna oraz roczna wypadkowa wartość energochłonności inwestycyjnej i eksploatacyjnej jest najniższa dla budynków kanadyjskich. Jest to przyczyna bliższego omówienia rozwiązań konstrukcyjnych, materiałowych tych budynków. Tym bardziej że posiadają one konstrukcję, której montaż jest łatwy i szybki, a prace wykończeniowe, renowacyjne i prowadzenie instalacji wygodne.

System przedstawiono na tle wymagań stawianych przez Polskie Normy dotyczące izolacyjności termicznej i odporności ogniowej.

Konstrukcja budynków (wood frame)

Ściany części podziemnej wykonane metodą tradycyjną (murowane, wylewne itd.) odpowiednio zaizolowane. Stanowią one bazę pod konstrukcję drewnianą części nadziemnej. Na ścianach tych ułożone są drewniane belki stanowiące oparcie dla rusztu podłogowego.

Słupy konstrukcyjne ustawiane są na belkach podwalinowych i zwieńczone belkami - stanowiącymi podstawę rusztu stropowego. Połączenia elementów drewnianych wykonane są za pomocą blach łącznikowych i gwoździ. Często stosuje się podwójne belki ze względu na zwiększenie odporności ogniowej całej konstrukcji.

Ściany i ich wypełnienie

Ściany licowane są - od zewnątrz płytkami wodoodpornej sklejki drewnianej mocowanej do słupów szkieletu - od wewnątrz płytkami gipsowo-kartonowymi. Pomiędzy płytkami na szerokość słupków konstrukcyjnych umieszczona zostaje warstwa izolacyjna z izolacją przeciwwilgociową (np. wełna mineralna, styropian, wełna szklana itp.). Wewnątrz ścianek prowadzone są instalacje. Płyty obu stron słupów konstrukcyjnych stanowią usztywnienie konstrukcji.

Stropy - rozwiązane są analogicznie do ścian.

Stropodachy

Na poddaszach nieużytkowych układa się warstwę ocieplającą. Pokrycie dachu stanowi papa lub dachówki bitumiczne, blaszane itp. Pokrycie zewnętrzne mocowane jest np. do sklejki wodoodpornej przytwierdzonej bezpośrednio do krokwi konstrukcji dachowej.

Elewacje

Wykończenie elewacji zazwyczaj uzyskuje się przez siding tj. okładzinę zewnętrzną ściany lub wymurowanie ściany ceramicznej czy też zastosowanie masy tynkarskiej na siatkach.

Parametry budynków:

Współczynniki przenikania ciepła dla zewnętrznych ścian bez okien, ocieplanych izolacją Ziber Glass wynosi $k = 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$, $k_{\text{max}} = 0,55$;

Strop pod nieogrzewanym poddaszem

$$k = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K} \quad K_{\text{max}} = 0,30;$$

Strop nad piwnicą

$$k = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K} \quad K_{\text{max}} = 0,60.$$

Klasa odporności ogniowej ścian i stropów z impregnowanych elementów drewnianych zgodna jest z wymaganiami polskich przepisów przeciwpożarowych [17].

6. Wnioski

1. Pomimo tego, że organizm ludzki posiada zdolność (w pewnym przedziale wartości) dostosowania się do warunków otoczenia, pomieszczenia obiektów, w których przebywa, powinny spełniać optymalne warunki mikroklimatyczne dla jego dobrego samopoczucia i funkcjonowania. Nabiera to szczególnego znaczenia w przypadku regionów o wysokim stopniu skażenia środowiska. Jednakże uzależnione jest to również od rachunku ekonomicznego.
2. Racjonalne użytkowanie energii jest jednym z najtańszych sposobów zaspokajania potrzeb energetycznych. Łączy się to z działaniami w kierunku ograniczenia strat ciepłych budynków przez przegrody pełne oraz przegrody przeszklone.
3. Czynniki takie, jak wymiary i kształt bryły, rozwiązanie funkcji wewnętrznej obiektu oraz konstrukcja przegród uwzględniane w projektach architektonicznych i budowlanych, decydują o stratach ciepła związanych z jego przenikaniem przez przegrody budowlane (energochłonność eksploatacyjna obiektów).

4. Ograniczenie zużycia energii cieplnej w trakcie eksploatacji budynków jest możliwe przez odpowiednie rozwiązania urbanistyczne, architektoniczne, konstrukcyjne i instalacyjne.
5. Przy wyborze konstrukcji i rozwiązania architektonicznego projektowanego budynku jednym z podstawowych czynników powinna być jego energochłonność inwestycyjna i eksploatacyjna.
6. Należy przeprowadzać analizę rocznej energochłonności projektowanego budynku w aspekcie całego budynku jak też jego parametrów użytkowych.

Literatura

1. Raport o racjonalizacji użytkowania paliw i energii. Wyd.: Kancelaria Sejmu RP, Warszawa 1989.
2. Pogorzelski J. A. z zespołem. Materiały pomocnicze do PN-91/B-02020. Ochrona ciepła budynków. ITB, Warszawa 1991.
3. Płoński W. Energia zaoszczędzona jest najtańsza. Przegląd Budowlany 3/1991.
4. Wołoszyn M., Wykorzystanie energii słonecznej w budownictwie jednorodzinym. COIB, Warszawa 1991.
5. Krusche P. i M., Althaus D., Gabriel I., Ökologisches bauen. Bauverlag GMBH, Berlin 1982.
6. Płoński W., Buduję ciepły dom. Arkady, Warszawa 1987.
7. Rainer R. Energiekrise, Wohnungswesen und Stadtplanung. Bauwelt nr 36/1979.
8. Energy conservation. The Royal Architectural Institute of Canada Ottawa.
9. Nantka M. B. Poprawa właściwości przegród oszklonych w aspekcie ograniczenia strat ciepła budynków. COW nr 9/1993.
10. Brinkorth B. J. Energia słoneczna w służbie człowieka PWN, Warszawa 1979.
11. Cieśliński P., Piotrowski W., Problemy akumulacji w instalacjach słonecznych. COW 1982 nr 6-8.
12. Instytut O. W. i O. P. Politechniki Śl.. Ocena możliwości stosowania w obiektach handlowych i usługowych energooszczędnych wentylacji. Gliwice 1983.
13. Mierzwiński St., Kierunki racjonalnego użytkowania energii w budownictwie mieszkaniowym KTLIW, Krynica 1991.
14. Szumanowski A., Czas energii W. K. Ł., Warszawa 1988.

15. Architektura - Nr 375/6 I i II, 1979.
16. Gintown J., Lossow-Samek B., **Energochłonność budynku jako element wyboru rozwiązania technologicznego na przykładzie budynku mieszkalnego**. Pol. Krak., Kraków 1993.
17. Seruga T., Stępień K., **System budownictwa drewnianego MOT-REM**, Pol., Krak. Kraków 1992.