

#### 4. PROJEKTOWANIE BUDOWNICTWA SŁONECZNEGO

Zagadnienia: podstawy projektowania budynków energooszczędnych, warunki lokalizacji inwestycji, wybór formy, przykłady budynków słonecznych, uwarunkowania krajowe

##### wprowadzenie

Nie sposób jest mówić o rozwiązaniach energooszczędnych tzw. "architektury słonecznej" bez podkreślenia istoty relacji wzajemnej ze środowiskiem naturalnym człowieka oraz skali i wszechstronnych możliwości wykorzystania energii ze zjawisk naturalnych, głównie - energii słońca i wiatru. Rozdział ten obejmuje zagadnienia dotyczące projektowania budynków mieszkalnych, uwzględniającego zamierzone korzyści z promieniowania słonecznego.

##### 4.1. Podstawy projektowania budynków energooszczędnych

Architektura słoneczna różni się zasadniczo od architektury projektowanej dotychczas. Ujawnia ona podstawowe zmiany na drodze rozważań o formach schronienia dla człowieka. Wprawdzie w ciągu wieków wszystkie style budowlane powstawały w dużym stopniu pod wpływem środowiska naturalnego, w którym rozwijały się.

Wiele stylów budowania, przeważnie w regionach śródziemnomorskich i o klimacie pustynnym, wykorzystywało masę termiczną grubych, ziemnych ścian dla magazynowania "chłodu" i "ciepła".

Budowle starożytne, greckie, rzymskie, bazowały na "wychwytywaniu" słońca, jednakże współczesne budownictwo słoneczne reprezentuje wielką zmianę w przywiązywaniu wagi do form schronienia, zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych, kładąc nacisk na wzajemną relację z otoczeniem.

Budownictwo energooszczędne musi zapewniać lepszą ochronę człowiekowi przed "siłami natury" niż dotychczasowe rozwiązania, poprzez głównie solidną izolację elementów zewnętrznych i "uwrażliwienie" ich zewnętrznego pokrycia na pozyskiwanie energii.

Przy projektowaniu musi być także przeanalizowane miejsce inwestycji i otaczający ją w przyszłości teren. Nie można ignorować

wać sąsiadujących drzew, wzgórz i budynków lub "ustawiać" budynek w jakimkolwiek dowolnym kierunku. Ostatecznie pojawią się właściwe metody postępowania z niewygodnymi wielkimi konstrukcjami kolektorów słonecznych, z ogromnymi przestrzeniami niezbędnymi do magazynowania ciepła i t.p. "Okropności" z dostosowywaniem kolektorów do dachu lub z powstawaniem wewnątrz upodobnionych do jaskiń przestaną być dłużej akceptowane - wówczas opracowanie dobrego projektu budynku słonecznego będzie wymagało wielorakich rozważań i świadomego wysiłku ze strony projektanta; każdy budynek będzie nowym wyzwaniem, każdy - w oparciu o wielostronne rozważania - będzie musiał tworzyć jednolitą strukturę bazującą na praktycznych wskaźnikach ekonomicznych.

Opisane poniżej wskazówki winny posłużyć rozważaniom dotyczącym budynku "słonecznego" jedno- i wielorodzinnego oraz praktycznemu rozwiązaniu zagadnień specjalnych.

Budynki jednorodzinne powinny być analizowane głównie pod względem:

- harmonii wizualnej i estetyki,
- niskiej różnicy wzrostu kosztów,
- ewentualnego zwrotu kosztów,
- nieczęstej konserwacji i regulacji urządzeń,
- prostoty systemu,
- zachowaniu okien i widoku,
- małych strat ciepła.

Ponadto należy uwzględnić:

- wydajne wykorzystanie przestrzeni,
- komfort cieplny,
- wielkość zamierzonej inwestycji,
- wielkość nakładów pracy przy wykonywaniu instalacji.

Natomiast w budynkach wielorodzinnych najważniejsze kryteria powinny dotyczyć:

- harmonii wizualnej i estetyki,
- niskich kosztów inwestycji,
- kompleksowych rozwiązań systemów instalacji słonecznej,
- zgodności projektu z prawem budowlanym,
- niskich kosztów utrzymania systemów, i dodatkowo
- nieprzewidzianych częstych remontów.

Potencjalni mieszkańcy "słonecznych" budynków wielorodzinnych muszą być zainteresowani wykorzystaniem zainstalowanego systemu



słonecznego, aby okazała się on w pełni wydajny, a kosztowna instalacja (większy koszt inwestycji) umożliwiała maksymalne zyski energii.

Podczas, gdy zwykłe budynki wymagają dużo staranności i uwagi przy projektowaniu, to budynki słoneczne potrzebują jej jeszcze więcej, lecz za to są one znacznie bardziej ekonomiczne, gdyż czerpią energię darmową i odnawialną ze Słońca.

Mozna wyodrębnić sześć najważniejszych zagadnień istotnych przy projektowaniu budynku energooszczędnego:

#### 1. Wyszczególnienie cech i funkcji, a w tym:

- a) określenie hierarchii wartości przez ludzi zaangażowanych w opracowanie projektu (autor, użytkownik),
- b) rodzaju budownictwa,
- c) zamierzonego użytkowania budynku,
- d) potrzeb i życzeń właściciela i użytkowników,
- e) ograniczeń ekonomicznych.

#### 2. Analiza miejsca:

- a) badania i pomiary wartości granicznych gruntu,
- b) opracowanie mapy topograficznej terenu,
- c) mapa istniejących budowli i obiektów na terenie działki,
- d) jeśli stosowne - studia oddziaływania środowiska,
- e) analiza klimatu i jego znaczenia przy wyborze rozwiązań.

#### 3. Sprecyzowanie i wybór systemów:

- a) wybór systemu aktywnego, pasywnego lub hybrydowego,
- b) wybór systemu podstawowego i pomocniczego,
- c) określenie sposobu ogrzewania lub chłodzenia,
- d) określenie niezbędnego wyposażenia systemu i materiałów.

#### 4. Plan budynku i terenu:

- a) opracowanie układu przestrzenno-funkcjonalnego budynku i planu sytuacyjnego,
- b) projekt izolacji,
- c) strategia zysków "energii słonecznej",
- d) umiejscowienie masy termicznej,
- e) szkicowy projekt elewacji.

#### 5. Analiza projektu wstępnego:

- a) analiza możliwości lekkiego wykonania zamierzonej pracy,
- b) przybliżone obliczenia "ładowności" cieplnej,
- c) schematyczne obliczenia rozmiarów systemu,
- d) studium ekonomiczne,
- e) analiza przypadków występowania zacienienia,
- f) analiza norm i nakazów prawnych,
- g) plan i perspektywy finansowania,
- h) skorygowanie początkowej wersji projektu, jeśli jest to konieczne.

#### 6. Projekt szczegółowy:

- a) układ i wymiary elementów systemu instalacji słonecznej,
- b) projekt architektoniczny, szczegóły i elewacje,
- c) szczegółowy plan sytuacyjny,
- d) projekty systemów mechanicznych i ogrzewania,
- e) wykaz systemu i elementów konstrukcji (zestawienie).

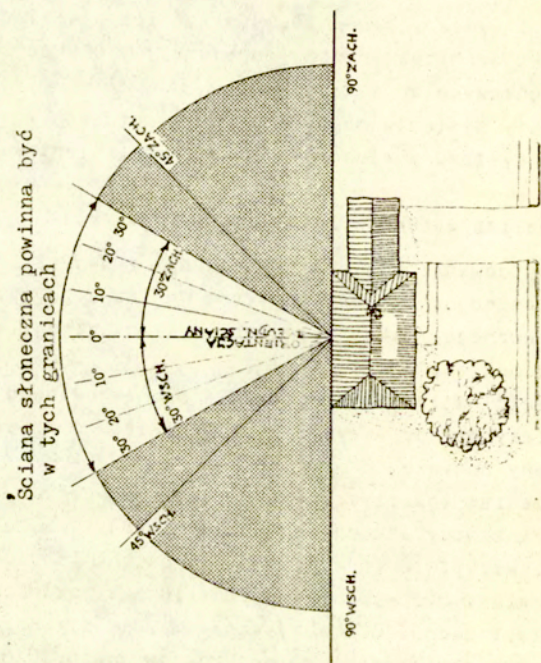
#### 4.2. Analiza warunków lokalizacji inwestycji

Usytuowanie budynku jest jednym z najważniejszych czynników determinujących zarówno wybór najlepszego systemu ogrzewania słonecznego, jak i ilości energii cieplnej, którą taki system może pozyskać.

Aby znaleźć najlepsze miejsce dla projektowanego systemu słonecznego należy przede wszystkim przeanalizować położenie południowej ściany budynku.

Z wyłączeniem towarzyszących werand słonecznych, które mogą być umieszczane przy wschodniej, południowej i zachodniej ścianie budynku, wszystkie inne systemy słoneczne (oprócz wolnostojących) powinny być wykonywane przy lub na południowej ścianie albo połaci dachu. Dla pozyskania maksimum energii słonecznej płaszczyzna powierzchni kolektora powinna być zorientowana w granicach do  $30^\circ$  na wschód lub zachód od pozycji południowej Słońca (Rys.4.1). Wschodnia i zachodnia ściana budynku otrzymuje ponad dwukrotnie więcej energii w lecie niż w zimie, podczas gdy południowa ściana ( w szer.geogr. ok.  $40^\circ N$ ) otrzymuje prawie dwukrotnie więcej energii słonecznej w z i m i e, niż w lecie.





Rys.4.1. Zorientowanie południowej ściany budynku słonecznego. /4/

W zależności od szczegółów lokalizacji, południowa ściana kolektora może być zwrócona albo lekko na wschód, albo - na zachód; jeśli elementy otoczenia powodują choćby niewielkie zacienienie od wschodu - należy ścianę skierować ku zachodowi, i na odwrót.

Jeśli kolektory mają służyć do bezpośredniego ogrzewania zimą, a nie przygotowywania np. ciepłej wody użytkowej przez cały rok, należy je ustawiać pionowo, dla lepszego odbioru energii rozproszonej z powierzchni ziemi (szczególnie, gdy w zimie teren pokryty jest śniegiem).

W celu właściwego wyboru słonecznego systemu ogrzewania przewidywanego do realizacji, powinno się dokonać czterostopniowej analizy istotnych czynników, omówionych poniżej. Sprawdzian taki łatwo jest przeprowadzić korzystając z formy ankiety, w której w pierwszej części należy zaznaczyć właściwe dane, aby w części drugiej znaleźć stosowne rozwiązania i decyzje.

#### Część I - analiza

##### A. Analiza usytuowania południowej ściany

###### A.1. Orientacja południowej ściany:

- a) w granicach  $39^\circ$  od południa słonecznego,
- b) pomiędzy  $30^\circ$  a  $45^\circ$  na wschód lub zachód od południa,
- c) powyżej  $45^\circ$  na wschód lub zachód.

###### A.2. Wielkość zacienienia na ścianie południowej podczas sezonu grzewczego:

- a) 0 - 10% ,
- b) 10 - 20% ,
- c) ponad 20%.

###### A.3. Widok w kierunku południowym:

- a) doskonały do dobrego,
- b) poprawny do mało ciekawego.

##### B. Analiza architektoniczna

###### B.1. Pokoje w części południowej budynku są:

- a) używane w ciągu dnia, jak np. kuchnia lub pokój dzienny,
- b) używane głównie w nocy, jak np. sypialnia.



B.2. Konstrukcja południowej ściany domu jest:

- a) szkieletem drewnianym,
- b) murowana,
- c) metalowa (np. z segmentów przenośnych),
- d) inna.

B.3. Niezacieniona ciągła powierzchnia ściany w przegrodzie południowej jest:

- a) większa niż 2,20 m wysokości i 4,50 m długości,
- b) większa niż 2,20 wysokości i 9,60 m długości,
- c) mniejsza od obu powyższych wielkości.

B.4. Czy kolektor słoneczny jest budowany jako dodatkowa część domu:

- a) tak,
- b) nie.

C. Klimat

C.1. Czystość nieba w zimie:

- a) niebo bezchmurne,
- b) częściowo zachmurzone,
- c) zachmurzone

i średnia temperatura w zimie:

- d) zima mroźna,
- e) chłodna,
- f) łagodna.

D. Ekonomiczność

D.1. Jak dużo pieniędzy można zainwestować w system słoneczny (wliczając bonifikatę podatku i zobowiązania finansowe):

- a) 20 do 100 tys.zł,
- b) 100 do 300 tys.zł.,
- c) 300 tys.zł do 1 mln zł,
- d) ponad 1 mln zł.

D.2. Jakiemu celowi ma sprostać system słoneczny:

- a) produkcji żywności i oszczędności paliwa,
- b) zaoszczędzeniu do 30% kosztów paliwa,
- c) zaoszczędzeniu ponad 50% kosztów opału.

Część II - wybór (odpowiedzi)

- A.1. a) dom ma doskonałą pozycję słoneczną dla wszystkich systemów,  
b) położenie kompromisowe, z możliwością 15-25% strat wydajności kolektora,  
c) inna strona budynku powinna być lepiej zorientowana od strony południowej.
- A.2. a) dom ma wspaniałe warunki nasłonecznienia,  
b) dobre warunki słoneczne dla wszystkich systemów,  
c) warunki nasłonecznienia umiarkowane do słabych - rozważ przesunięcie kolektora lub usunięcie przeszkody.
- A.3. a) masz dobrą sytuację dla zastosowania systemu bezpośredniego pozyskiwania energii słonecznej i towarzyszącej werandy słonecznej ( z przeszkleniem przezroczystym),  
b) dobra sytuacja dla systemów termosyfonów powietrznych i powietrznych kolektorów aktywnych o przepływie poziomym; ewentualnie może być system bezpośredniego wykorzystania energii słonecznej lub towarzysząca weranda, lecz z przeszkleniem półprzezroczystym, ograniczającym widok.
- B.1. a) układ jest idealny dla wszystkich systemów bez lub z magazynem ciepła,  
b) zalecany jest aktywny kolektor o poziomym przepływie powietrza lub towarzysząca weranda słoneczna z magazynem ciepła; bezpośrednio wykorzystanie energii słonecznej jest możliwe tylko z dodatkowym magazynem ciepła należy rozważyć zmianę funkcji jednego z pokoi na np. pokój dzienny).
- B.2. a) wszystkie systemy mogą być wykonane,  
b) system dobry dla werand towarzyszących i bezpośredniego wykorzystania energii słonecznej (możliwość wykonania ściany akumulacyjnej, np. typu Trombe'a),  
c) sytuacja dobra dla termosyfonowych paneli powietrznych, systemu bezpośredniego pozyskiwania energii i werand towarzyszących,  
d) właściwy system musi być określony w odniesieniu do cech każdego kolejnego typu konstrukcji.



- B.3. a) właściwa dla wszystkich systemów,  
b) możliwość zainstalowania paneli powietrznych termosyfonowych, systemu bezpośredniego wykorzystania energii słonecznej i werand towarzyszących,  
c) możliwość zastosowania tylko systemu bezpośredniego wykorzystania energii lub werandy towarzyszącej.
- B.4. a) magazynowanie ciepła może być przewidziane w elementach dobudowanych - daje to dużą elastyczność i swobodny wybór systemu,  
b) magazynowanie ciepła i wybór systemu jest ograniczony.
- C.1. a+d) można spodziewać się doskonałego działania każdego systemu,  
a+f) dla powierzchni kolektora ponad 9 m<sup>2</sup> powinno być zapewnione magazynowanie ciepła (dla ulepszenia sprawności systemu),  
c+d) dla systemu bezpośredniego pozyskiwania energii muszą być zapewnione dodatkowe osłony izolujące,  
x) dla każdego innego klimatu należy prześledzić podstawowe zasady systemu.
- D.1. a) można dostać materiały na pojedynczy termosyfon powietrzny lub na mały system bezpośredniego wykorzystania energii,  
b) można uzyskać materiały na kilka paneli powietrznych termosyfonowych lub na większy system dla zysków bezpośrednich,  
c) jak w pkt.b, lecz na większy system, albo na kolektor powietrzny o horyzontalnym przepływie,  
d) - materiały na towarzyszącą werandę słoneczną lub na kombinację powyższych systemów.
- D.2. a) zaleca się werandę słoneczną,  
b) wskazany system bezpośredniego wykorzystania energii słonecznej lub panel termosyfonowy, ewentualnie aktywny kolektor powietrzny o przepływie poziomym,  
c) zalecane akumulowanie ciepła w połączeniu z rozbudowanym systemem do uzyskiwania gorącego powietrza.

Niezależnie od systemu ogrzewania powietrzem można zainstalować kolektory wodne dachowe lub towarzyszące.

#### 4.3. Wybór formy

Architekt, który projektuje energooszczędne budynki "słoneczne" powinien pamiętać, jak dalece może on przeobrazić typowy dom - w dom słoneczny i jednocześnie uniknąć nudy przestrzennej, która może grozić przy zbyt ograniczonej swobodzie projektowania.

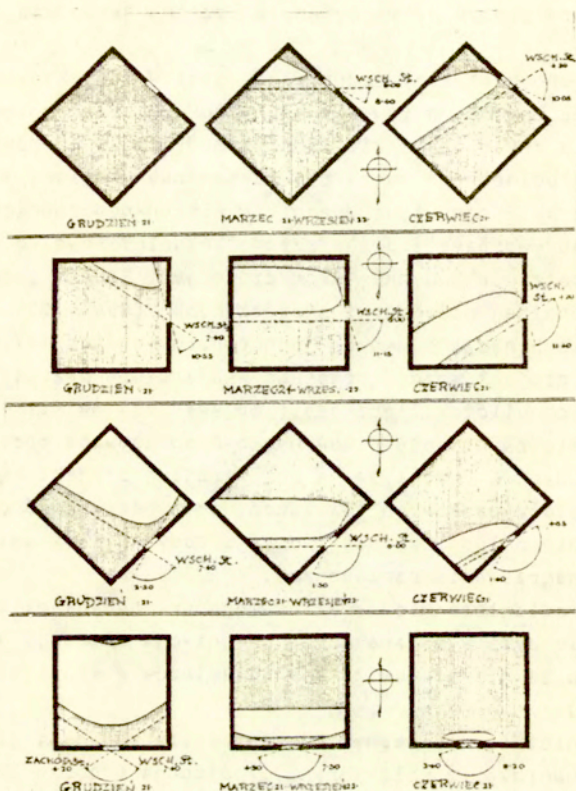
Zwykle układ urbanistyczny trudniejszy jest w projektowaniu osiedli "słonecznych", niż w zwykłych, co wynika z konieczności przestrzegania zasad geometrii Słońca: budynki (w szerokości geograficznej północnej) muszą być zorientowane ścianą lub połacią dachową kolekcjonującą energię w kierunku południowym, co determinuje kompozycję przestrzenną zespołu. Również nasłonecznienie wnętrza w budynku słonecznym jest lepsze i dostosowane do racjonalnej gospodarki energetycznej (Rys.4.2).

W przypadku kombinacji budynków jednorodzinnych lub małych domów mieszkalnych projekt można opracować w oparciu o przestrzenny układ lokalnych uliczek, lecz jeśli pojawić się ma kilka typów budownictwa mieszkaniowego - powinna być opracowana przestrzenna kompozycja budynków (Rys.4.3). W obu wersjach projekt będzie różnił się od przypadkowych rozwiązań, gdyż przeważnie dążono do eliminowania południowych ekspozycji budynku, aby uniknąć nadmiernego nagrzewania pomieszczeń.

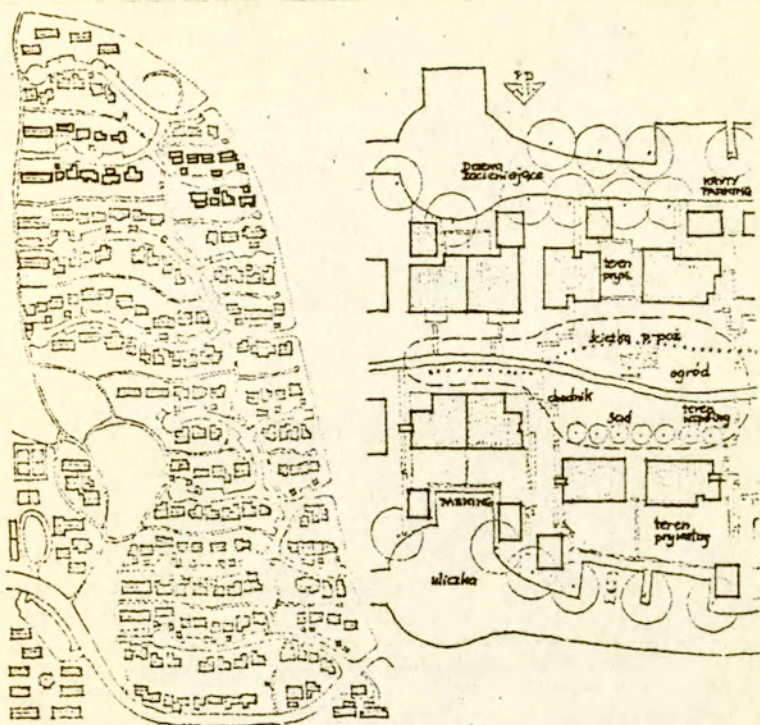
Również odległość między wolnostojącymi budynkami była mniejsza - nie była wymagana pełna ekspozycja elewacji południowych, jako że nie stanowiły one kolektorów energii słonecznej (Rys.4.4).

W budownictwie słonecznym charakterystyczna jest głównie elewacja południowa (z kolektorami), północna (dobrze izolowana, najlepiej bez otworów i zagłębiona w ziemi) i dach, a efekt plastyczny poszczególnych elementów może być świadomie określony; materiały budowlane stosowane jako pokrycia zewnętrzne są różne - matowe, błyszczące, ciemne (absorbujące promieniowanie) i jasne (refleksyjne), co więcej w budownictwie energooszczędnym wszelkie ekrany refleksyjne i przegrody izolujące, a nawet same kolektory mogą mieć zmienne ustawienie. Projekt staje się w tym przypadku pewnego rodzaju scenografią urbanistyczno-architektoniczną, wrażliwą na ukształtowanie terenu, słońce i ruch.

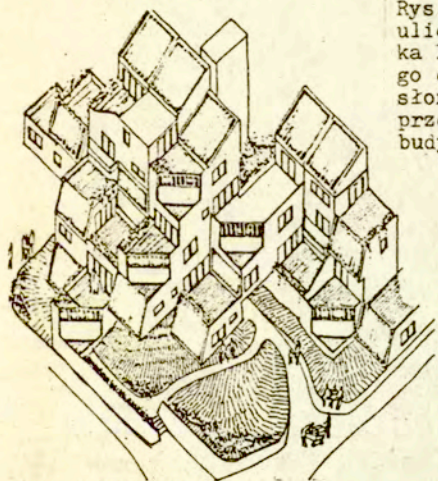




Rys.4.2. Karta Atkinsona - umożliwia wykazanie, jak zmienia się penetracja skóra w pomieszczeniu przez różnie zorientowaną ścianę z oknem. Pomiarów dokonano 21 grudnia, 21 czerwca, 21 marca i 22 września. Na podstawie tych studiów Atkinson wykazał, jak korzystne jest orientowanie ściany na południe.

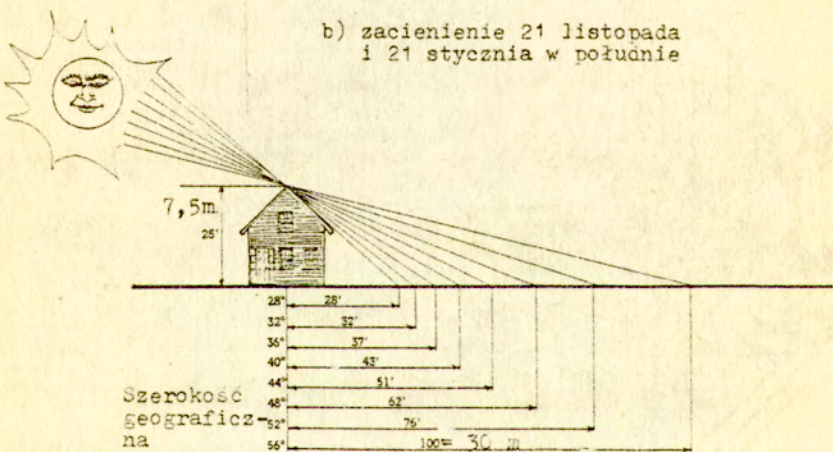
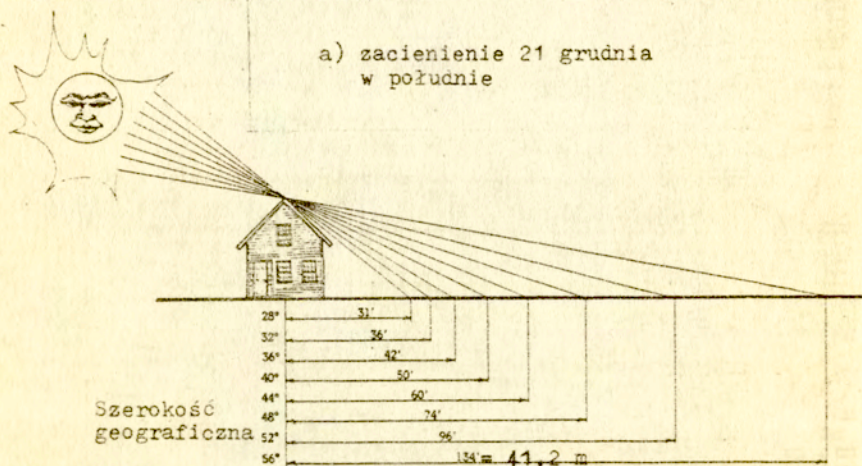


Rys.4.3. Przestrzenny układ uliczek (powyżej) miasteczka Davis, USA, przystosowanego do wykorzystania energii słonecznej i kompozycja przestrzenna kilku typów budynków mieszkalnych (obok).





Rys.4.4. Długość cieni spowodowana przeszkodą o wysokości 7,5 m. Cienie powstałe za przegrodą o wys. 15,0 m będą podwójnie długie.  
Na przykład na równoleżniku 44°N zacinienie przez przegrodę o wys. 7,5 m będzie dochodziło do 18m długości 21 grudnia i 15m - 21 listopada/4/



Jedną z najbardziej istotnych metod poszukiwania formy słonecznej jest analizowanie regionalnych i tradycyjnych form przestrzennych, elementów konstrukcyjnych, układu funkcjonalnego i detali architektonicznych. Jest to z pewnością punkt odniesienia dla nowych, ekonomicznych rozwiązań technicznych w budownictwie.

Jest jednak szereg innych zagadnień związanych z tworzeniem formy budynku, jak np.:

- indywidualna preferencja form geometrycznych w architekturze (Rys.4.5),
- niepowtarzalność budynku i jego lokalizacji (Rys.4.6),
- jakość, rodzaj i inne cechy stosowanych lokalnie materiałów,
- dostosowanie obiektu do warunków terenowych (Rys.4.7),
- potencjalna rozbudowa systemu konstrukcyjnego lub słonecznego,
- zależność struktury zespołu mieszkaniowego i systemu kolekcjonowania energii od lokalnej polityki terenowej i energetycznej (indywidualne małe kolektory w poszczególnych budynkach lub zintegrowany system kolektorów ze wspólnym zbiornikiem np. wodnym, magazynującym energię ciepłą) (Rys.4.8).

Zakładając, że najbardziej energooszczędną formą budynku jest półkula, a w praktyce - zwarty prostopadłościan o nieco wydłużonej elewacji południowej w stosunku do północnej, można nieco szerzej omówić wpływ wykorzystania energii promieniowania słonecznego na formę geometryczną budynku.

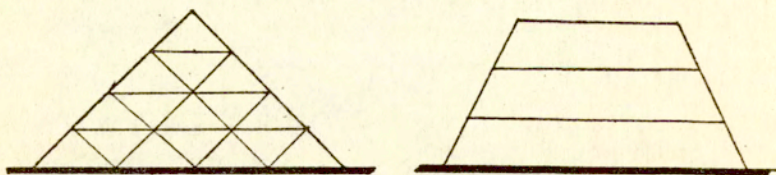
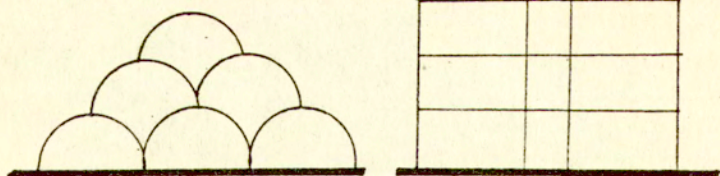
Są dwa, zasadniczo różne, sposoby rozwiązania budynku z odbiornikami energii słonecznej:

- traktując uzyskiwanie energii, jako główną cechę projektu,
- uważając kolektory słoneczne za dodatkowy element formy budynku (Rys.4.9).

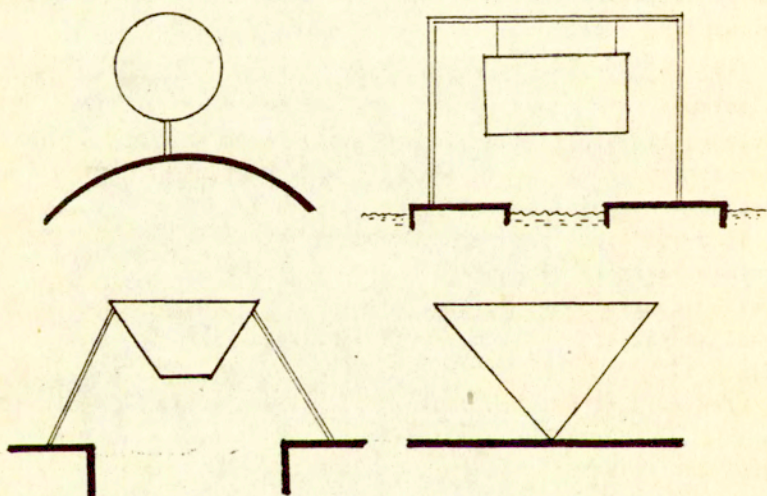
Efekt wizualny poszczególnych rozwiązań zależy głównie od zawodowych umiejętności projektanta, a efekt ekonomiczny jest lepszy, gdy kolektory stanowią element budynku. Projektowany kolektor może być częścią ściany południowej, dachu słonecznym naświetlem, dobudowaną fasadą słoneczną lub przybudówką (Rys.4.10).

W wyniku szczegółowej analizy wielu projektów budynków słonecznych powstał schemat przedstawiający częstotliwość wystę-

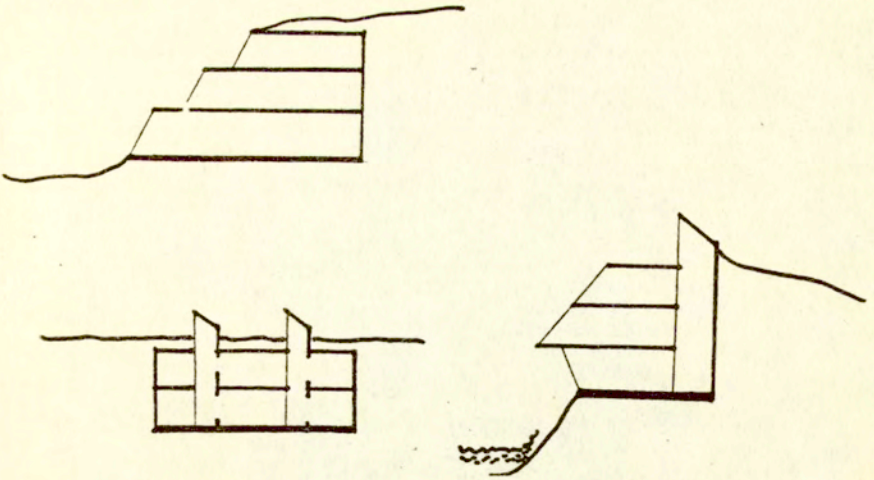




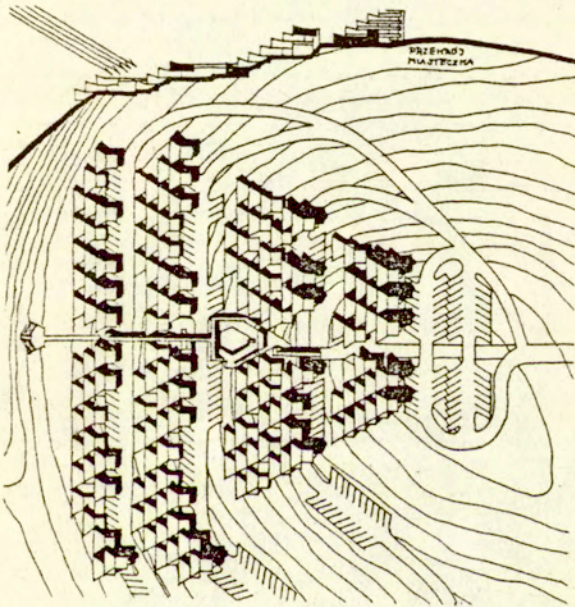
Rys.4.5. Indywidualna preferencja formy architektonicznej



Rys.4.6. Niepowtarzalność budynków i jego lokalizacji



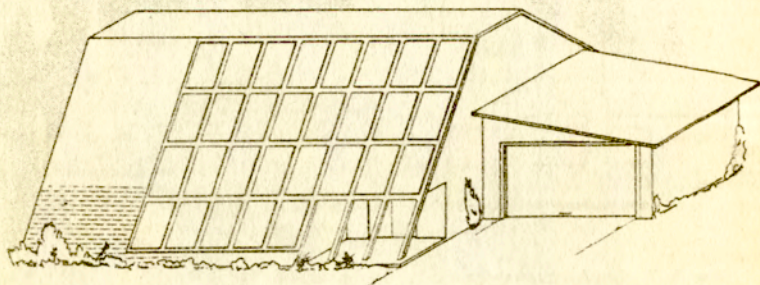
Rys.4.7. Dostosowanie budynku do warunków terenowych



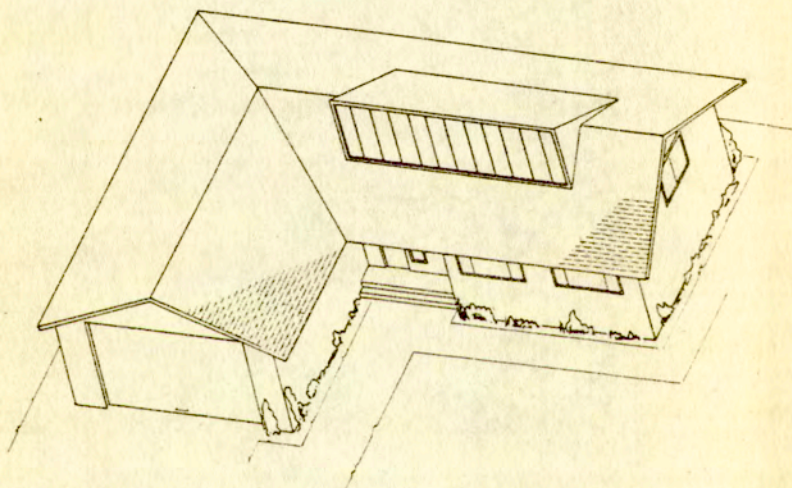
Rys.4.8. Osiedle słoneczne ze zintegrowanym systemem kolektorów i wspólnym zbiornikiem akumulującym energię /2/



Rys. 4.9. Dwa różne podejścia do projektowania budynku z kolektorami słonecznymi<sup>1/2/</sup>



a) uznając je za główny element budynku



b) uważając, że są one dodatkowym elementem

powania i różnych możliwości umieszczania kolektorów pasywnych i aktywnych na poszczególnych elementach budynku (Rys.4.11). Wielkość, usytuowanie, kąt nachylenia kolektora zależy przede wszystkim od przeznaczenia systemu i warunków klimatycznych.

#### 4.4. Wybrane przykłady budynków słonecznych

Najprostsze i najłatwiejsze w wykonaniu detale architektury słonecznej - to południowe elementy przeszklone. Na przykład zwykłe okno przekształca się w wielokrotnie szklone okno słoneczne o różnej formie przestrzennej, konstrukcji i z różnych materiałów (rys.4.12). Funkcja werandy zostaje rozszerzona do ogrzewania powietrza w mieszkaniu (Rys.4.13). Domy słoneczne wyposażone w kolektory przyjmują czasem formę namiotu, a wysokościowce - agresywne formy przestrzenne (Rys.4.14 i 4.15). Budynki energooszczędne izolowane ziemią przypominają osady troglodytów (Rys.4.16). "Słoneczne" zespoły urbanistyczne uwiadcniają aktywny kontakt budowli z siłami natury (Rys.4.17).

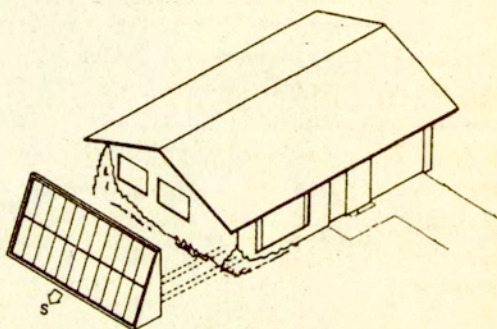
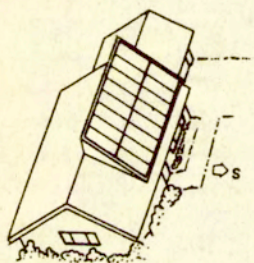
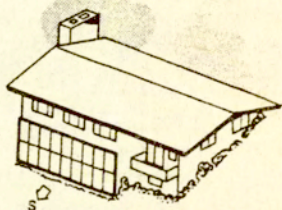
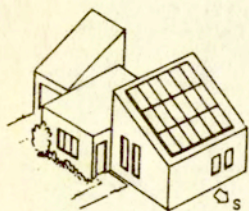
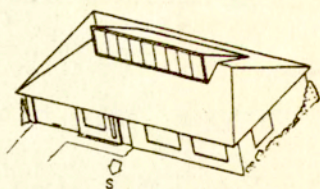
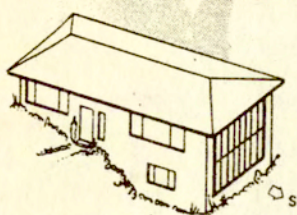
Układ funkcjonalny i układ konstrukcyjny budynku wiąże się ściśle z przyjętą zasadą ogrzewania energią słoneczną (Rys.4.18) i z formą magazynowania energii.

Istotnym warunkiem wykonania dobrze przemyślanego obiektu jest, oprócz właściwie przyjętej formy elementów budynku i lokalizacji, dobra znajomość cech fizycznych stosowanych materiałów budowlanych. Ma to duże znaczenie przy doborze i łączeniu kilku materiałów o różnych cechach, na przykład o różnym wydłużaniu się pod wpływem ciepła (Tabl.4.1), zróżnicowanej absorpcji promieniowania (Tabl.4.2) lub innej pojemności cieplnej (Tabl.4.3), istotnej przy doborze formy magazynowania energii cieplnej.

#### 4.5. Możliwości wykorzystania energii słonecznej w Polsce

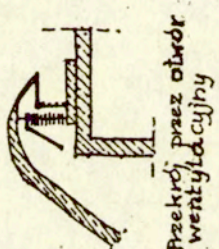
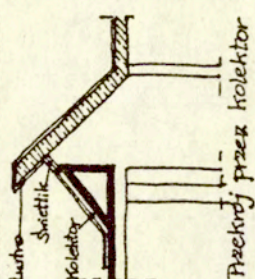
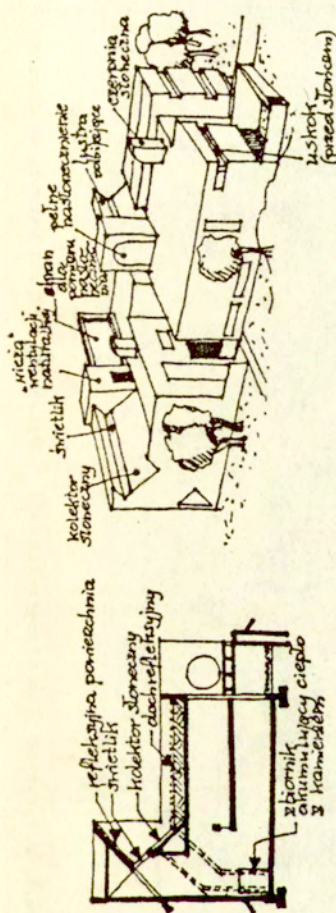
Ze względu na położenie geograficzne i klimat możliwość uzyskiwania energii słonecznej w Polsce przedstawia się następująco: średnio przez osiem miesięcy w roku kolektory słoneczne mogą być wykorzystane do grzania wody i do dogrzewania pomieszczeń, to jest w okresie wiosennym i jesiennym. W miesiącach zimowych należy dodatkowo zastosować magazynowanie ciepła





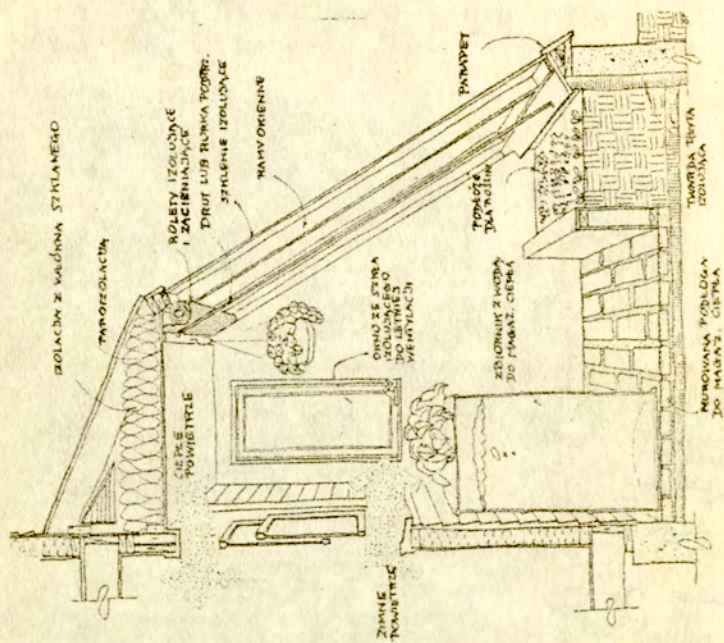
Rys.4.10. Projektowany kolektor ma wiele możliwości usytuowania w budynku:

- może być częścią ściany, dachu, słonecznym naświetlem, dodatkową fasadą lub przybudówką./3/

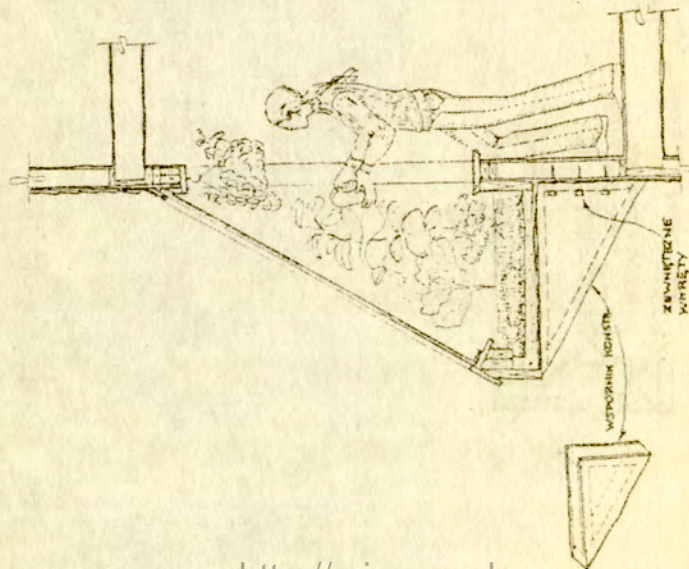


Rys. 4.11. Przykład zestawienia ujęć energii słonecznej w jednym budynku biurowym Cherry Creek'a według projektu Crowther Solar Group w Denver, Colorado

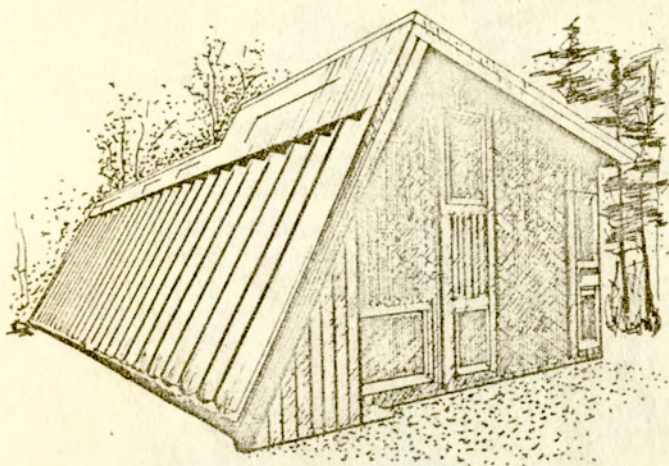




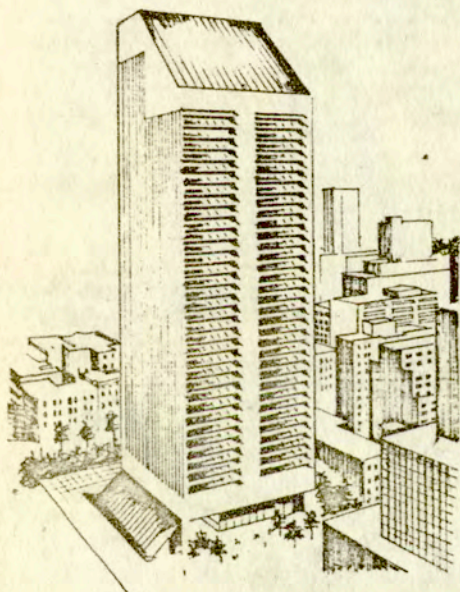
Rys. 4.13. Fasjerna weranda słoneczna / 3/



Rys. 4.42. Przykład okna słonecznego / 3/

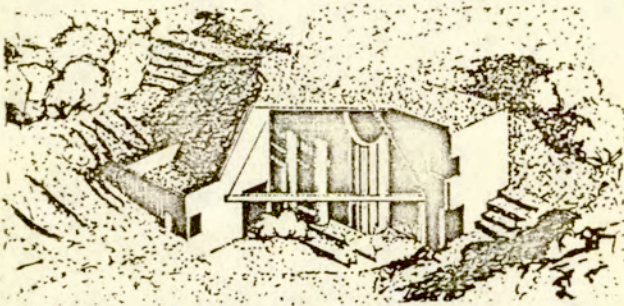
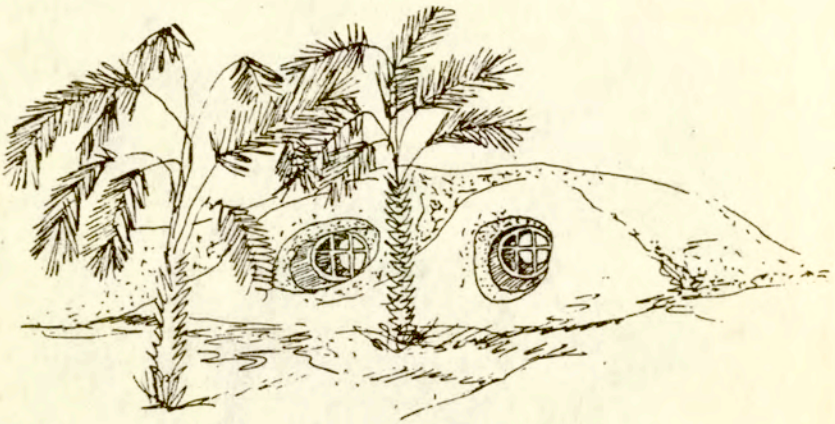


Rys.4.14. Domek letniskowy z kolektorem słonecznym - forma namiotu /2/

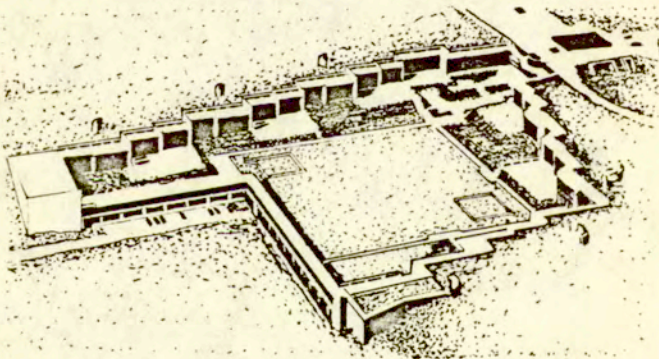


Rys.4.15. Wysokościowiec z dużą liczbą kolektorów - forma agresywna /2/



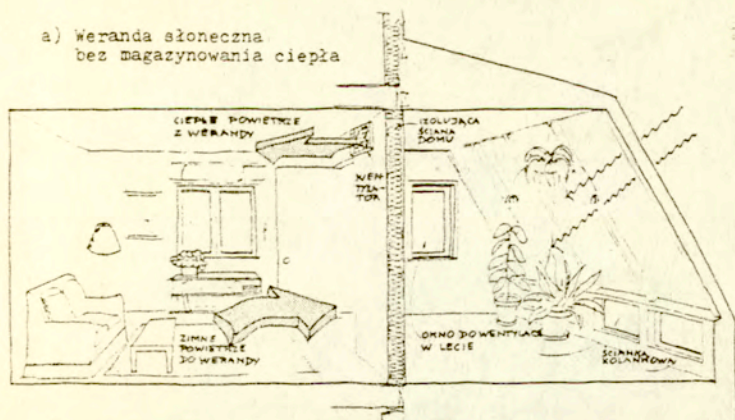


Rys.4.16. Budynki izolowane ziemią

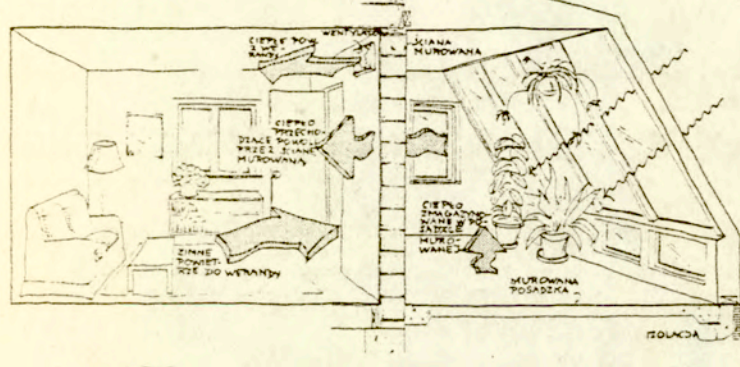


Rys.4.17. Zespół urbanistyczny

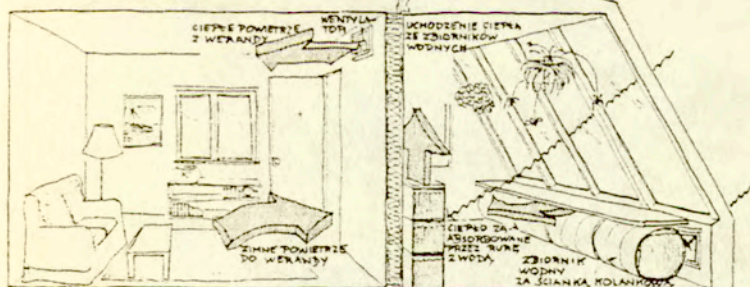
a) weranda słoneczna bez magazynowania ciepła



b) weranda słoneczna z magazynowaniem ciepła w murze



c) weranda słoneczna z magazynowaniem ciepła w zbiornikach z wodą



Rys.4.18. Różne sposoby wykorzystania ciepła z werandy



Tab.4.1. Rozszerzalność cieplna materiałów /4/

Materiał	wydłużenie w długości (%)
Aluminium	0,43
Kosiądz	0,33
Beton	0,20
Kiedź	0,23
Szkło	0,14
Żelazo, stal	0,18
Plastik	0,80-3,3
Guma	1,3-2,2
Drewno (wzdł.sł.)	0,05-0,11
Drewno(w poprzek)	0,55-0,80

Tab.4.2. Współczynnik pochłaniania promieniowania świetlnego słońca /5/

Przedział	- Materiały i farby
0,91 - 0,94	- asfalt, farba olejna czarna, lakier celulozowy czarny i ciemnoniebieski
0,81 - 0,90	- łupek, lakier celulozowy błękitny, turkusowy i ciemnozielony
0,71 - 0,80	- farba olejna czerwona, lakier celulozowy brązowy i zielony
0,61 - 0,70	- beton surowy, farba olejna jasnoszara, marmur czerwony, dachówka
0,51 - 0,60	- beton jasny, cegła czerwona, farba aluminiowa, lakier celulozowy ciemnoczerwony
0,41 - 0,50	- marmur, stal, farba olejna szórkowa, lakier celulozowy pomarańczowy i jaskrawoczerwony
0,31 - 0,40	- farba olejna kremowobiała, lakier celulozowy żółty
0,21 - 0,30	- farba olejna na bieli ożwiowej, farba olejna na tlenku ołowiu, tlenku cynku
0,11 - 0,20	- lakier celulozowy biały

Tab.4.3. Pojemność cieplna objętościowa i przewodność cieplna /4/

Materiał	Poj.c. (kJ/m <sup>3</sup> .°C)	Przew. c. (W/m°C)
Aluminium	2420	204
Cegła	1600	0,721
Beton	2100	0,9-1,7
Włókno szklane	4-30	0,027-0,049
Poliuretan	38	0,023
Żwir skalny	1410	-
Stal	3800	45,0
Granit	2400	1,7-4,0
Woda	4190	0,56
Drewno(sosna)	1300	0,12

lub dodatkowe źródła energii. Zastosowanie jedynie kolektorów do ogrzewania domu wymagałoby zbyt dużej powierzchni i kosztów instalacji.

Zaleca się stosowanie jednocześnie kilku systemów odbioru energii słonecznej: kolektorów wodnych, kolektorów powietrznych lub werandy aktywnej, pompy ciepła i biernego systemu bezpośredniego uzyskiwania energii cieplnej, przy ograniczeniu współczynnika przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne do minimum.

Zależność zapotrzebowania energii od jakości przegrody budynku przedstawia się następująco:

Taol.4.4. /2/

Średni wsp. "k"	W/m <sup>2</sup> *C	0.2	0.5	1.0	1.7
Zapotrzebowanie mocy	kW	7.8	13.5	23.0	36.3

Średnie wieloletnie wartości miesięcznych sum całkowitego promieniowania słonecznego na powierzchni Ziemi wskazują na miesiące o największych i najmniejszych wartościach otrzymywanej energii.

Dla wybranych miast o charakterystycznym położeniu geograficznym wynoszą one.

Taol.4.5. /2/

Miasto	Miesiąc	Ilość energii kWh/m <sup>2</sup> /miesiąc
Kołobrzeg	czerwiec	184,0
	grudzień	12,1
Warszawa	czerwiec	160,1
	grudzień	11,3
Zakopane	czerwiec	135,5
	grudzień	22,5
Kasprowy W.	(maj) czerwiec	(135,3) 124,1
	grudzień	30,2

W Warszawie aż 90% energii słonecznej przypada w okresie od marca do października. Średnie dzienne nasłonecznienie powierz-



chni poziomej w Polsce wynosi w styczniu  $0,68 \text{ kWh/m}^2$  dzień, a w czerwcu dochodzi do  $5,5 \text{ kWh/m}^2$  dzień, dając średnio rocznie  $1,015 \text{ kWh/m}^2$  w ciągu jednego dnia. Powierzchnia pionowa otrzymuje odpowiednio  $0,9 \text{ kWh/m}^2$  dziennie zimą,  $3,0 \text{ kWh/m}^2$  dziennie latem. Takie różnice między ilością otrzymywanej energii przez powierzchnię poziomą i pionową wynikają ze zmiany kąta padania promieni słonecznych na powierzchnię stałą w ciągu roku:

Tabl.4.6./2/

Pora roku	Długość dnia	Kąt nasłonecznienia
Zima	najkrótsza - 7,5 godz.	$14^\circ$
Jesień i Wiosna	przesilenie - 12 godz.	$38^\circ$
Lato	najdłuższa - 16,5 godz.	$61^\circ$

Dla terenu Polski zależność nasłonecznienia od pory roku jest następująca:

Tabl.4.7./2/

Okres działania urządzenia	I-XII	IV-IX	X-III	VI-VIII
liczba godzin nasłonecznienia (h)	1600	1200	400	750
średnia suma dzienna nasłonecznienia ( $\text{kWh/m}^2$ )	2,8	4,3	1,3	5,0

Warunki nasłonecznienia są istotne dla wyboru wielkości i kąta nachylenia kolektora, w zależności od jego przeznaczenia. Orientacyjne pola powierzchni krajowych kolektorów słonecznych, w zależności od przeznaczenia instalacji, przedstawiają się następująco:

Tabl.4.8./2/

Przeznaczenie instalacji	Pole powierzchni kolektorów
Przygotowanie ciepłej wody dla domku jednorodzinnego	6 - 10 m <sup>2</sup>
Ogrzewanie domku jednorod.	100% powierzchni ogrzewanej budynku
Podgrzewanie wody w basenie	0,6 - 1,0 m <sup>2</sup> na 1 m <sup>3</sup> pojemności basenu

Dla szerokości geograficznej 52°N optymalne nachylenie kątowe powierzchni kolektora słonecznego wynosi:

Tabl.4.9./2/

Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Kąt (°)	78	70	59	48	39	35	36	44	54	64	76	79

Ponadto decyzja dotycząca wielkości i ustawienia kolektora jest jakby siłą motoryczną w kształtowaniu formy obiektu - im większa jest powierzchnia urządzenia, tym więcej jest możliwych wariantów podziału, lecz mniejsze możliwości przeszklenia elewacji południowej. Interesujące porównanie zostało wykonane dla kolektora pionowego i nachylonego pod kątem 60° do terenu przy założeniu jednakowych zdolności do dostarczania tej samej ilości energii. Wymagana wielkość powierzchni urządzenia zmienia się w kolejnych miesiącach i wynosi:

Tabl.4.10./2/

Miesiąc	Ustawienie pionowe	Ustawienie kątowe 60°
Październik	5,3 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>
Listopad	32,0	22,7
Grudzień	44,0	48,0
Styczeń	33,0	38,0
Luty	28,5	23,0
Marzec	20,4	16,0
Kwiecień	9,6	7,0
Maj	5,0	3,5



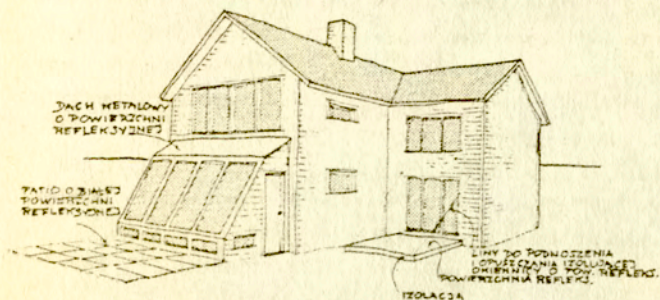
W celu zwiększenia zysków energii słonecznej i ograniczenia jej niezamierzonych strat można stosować różnego rodzaju ulepszenia. Są to, na przykład, opuszczane lub zamykane przegrody izolujące o refleksyjnej powierzchni (Rys.4.19), świadomie dobierane materiały zewnętrznych osłon ścian lub sąsiadujących dachów, właściwe projektowanie form przestrzennych i nawierzchni na terenie działki, oraz tzw. "bariery wiatrowe" konieczne przewidziane w projekcie (Rys.4.20), czyli naturalne (zieleń, wały ziemne) lub sztuczne (mała architektura) formy chroniące budynek przed przeważającymi zimnymi i szkodliwymi ekologicznie wiatrami.

Tabela poniższa przedstawia stopień refleksyjności powierzchni niektórych materiałów istotnych dla otoczenia budynku /4/:

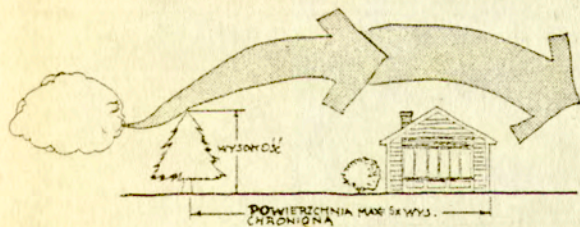
Materiał	% refleksyjności
świeży śnieg	87
folia aluminiowa	85
biała farba	80
zielona farba	50
czerwona cegła	45
beton	40
stal galwanizowana	35
trawa	31
czerwona farba	26
woda	6
powierzchnia malowana na czarno	4

Podsumowanie: Projektowanie budownictwa słonecznego w Polsce nie musi być umieszczone w dalekiej przyszłości, gdyż wrażliwe ekologicznie zespoły urbanistyczne i najprostsze formy kolektorów energii słonecznej mogą powstawać już dzisiaj. Można oczekiwać jedynie lepszych technologicznie i tańszych, łatwo dostępnych systemów odbiorników energii słonecznej.

Rys. 4.19. Przykłady ekranów izolujących o refleksyjnej powierzchni./3/



Rys. 4. 20. Zasada naturalnej ochrony przed wiatrem.  
/3/





Piśmiennictwo

1. Butti, K., Perlin, J.: *A Golden Thread - 2500 Years of solar Architecture and Technology*, V.N.Reinhold Company, 1980
2. Mioduszevska-Wysocka, M.: *Kształtowanie form architektonicznych przy wykorzystaniu niekonwencjonalnych źródeł energii*, Praca doktorska, PW 1984
3. Reif, D.K.: *Solar Retrofit - adding Solar to Your Home*, Massachusetts, 1981
4. Fisk, M.J., Anderson, W.: *Introduction to Solar Technology*, Addison Wesley Publishing Company Inc., USA 1982
5. Norma francuska: *Ujednolicone warunki obliczania współczynnika "B"*, 1984