

# Przegrzewanie budynków niskoenergetycznych

Tomasz Kisilewicz

## 1. Wprowadzenie

Zupełnie banalne stało się w obecnej chwili stwierdzenie o konieczności budowania budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania. Ta pozytywna zmiana poszła nawet znacznie dalej, ponieważ mamy nie tylko wymagania stawiane przez umowy międzynarodowe czy przepisy, ale także autentyczne zainteresowanie i popyt na tego rodzaju budownictwo ze strony społeczeństwa. Budownictwo niskoenergetyczne staje się wreszcie także poszukiwanym towarem i przedmiotem zainteresowania przemysłu.

Tak jak i wszystkie nowe rozwiązania, stawia ono jednak projektantom, wykonawcom, a nawet użytkownikom specyficzne wymagania związane z wiedzą, szczególną uwagą przy projektowaniu i wykonawstwie oraz umiejętnością właściwej eksploatacji i obsługi. O ile budynki tradycyjne charakteryzowały się dużą tolerancją na błędy projektowe z zakresu fizyki budowli i częściowo wykonawcze, to budynki o bardzo niskim zapotrzebowaniu na energię wymagają głębszej wiedzy, nowych systemów i narzędzi do ich projektowania oraz doświadczenia, którego na tym etapie jeszcze z powodów oczywistych nie ma. W efekcie takie budynki są często jeszcze projektowane w sposób tradycyjny, tzn. podstawowe decyzje projektowe są podejmowane na podstawie intuicji, aktualnych trendów czy wręcz obiegowych opinii i zasad podawanych w popularnej prasie z obrzeży budownictwa. Zwykle, na etapie projektowania nie stosuje się subtelnych narzędzi symulacyjnych, które mogłyby pomóc w racjonalizacji procesu projektowego. Dopiero w końcowym etapie branżowego, a nie interdyscyplinarnego łańcucha projektowania dokonywana jest analiza energetyczna budynku, ponownie przy użyciu standardowych narzędzi. Efektem takiej analizy jest dobór instalacji, które pozwolą utrzymać w budynku wymagane warunki cieplne i ewentualnie wilgotnościowe. Jeśli nawet uda się właściwie dobrać parametry instalacji, to niekoniecznie uzyskuje się tą drogą zamierzone niskie zapotrzebowanie na energię. Szczególnie istotne jest jednak to, że oczekiwania i nacisk kładziony na niskie zapotrzebowanie na ogrzewanie często w efekcie skutkują intensywnym przeegrzewaniem wnętrza lub koniecznością jego energochłonnego chłodzenia.

Zwiększanie udziału energii odnawialnej w bilansie cieplnym budynku jest możliwe m.in. poprzez racjonalne wykorzystanie w sposób bierny energii słonecznej. Powszechnie już wiadomo, że dobrze izolowane termicznie okna o orientacji południowej mogą w odpowiednich warunkach uzyskać dodatni bilans energetyczny także w naszej strefie klimatycznej. To stwierdzenie jest dość często przekładane przez projektantów na zbyt proste rozumowanie, że poprzez nieograniczone powiększanie pola powierzchni południowych okien minimalizuje się zapotrzebowanie na energię nieodnawialną. Skutkiem realizacji takiej zasady często jest zwiększenie wartości zapotrzebowania na

**Streszczenie:** W budynkach o bardzo niskim zapotrzebowaniu na energię oprócz radykalnego ograniczenia strat ciepłych dąży się do uzyskania maksymalnych zysków słonecznych poprzez zorientowane na południe otwory. W artykule omówiono problem racjonalnego projektowania pola powierzchni okien południowych, kierując się nie tylko kryterium minimalnego zapotrzebowania na ogrzewanie, ale kryterium łącznego zapotrzebowania na ogrzewanie i chłodzenie. Wskazano także w jaki sposób można skutecznie chronić budynek przed przeegrzewaniem.

Słowa kluczowe: fizyka budowli, komfort cieplny, przeegrzewanie wnętrza, budownictwo niskoenergetyczne.

### OVERHEATING OF LOW ENERGY BUILDINGS

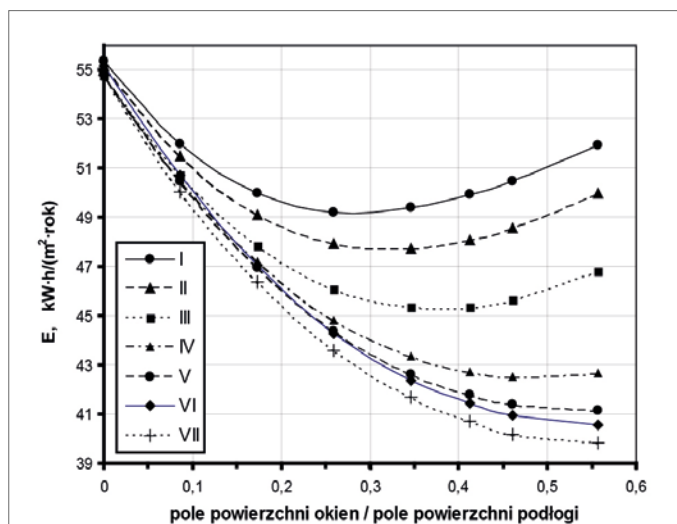
**Abstract:** Significant decrease of heating energy demand in low energy buildings may be achieved not only by radical reduction of heat losses, but also due to maximized solar gains via south oriented glazing. The problem of rational design of south window area was discussed in the paper, taking into account not only criterion of minimum heating demand but also criterion of total energy demand on heating and cooling. The basic measures of efficient protection against overheating have been shown.

ogrzewanie zamiast zmniejszenia. Natomiast przewymiarowane okna tworzą fatalny mikroklimat termiczny wnętrza, co jest szczególnie istotne dla użytkowników budynku.

W związku z powyższym świadome i racjonalne projektowanie budynków niskoenergetycznych wymaga powiązania podstawowych decyzji architektonicznych z ich skutkami poprzez zastosowanie właściwych narzędzi projektowych i wytworzenie takiego sprzężenia już na etapie wstępnej koncepcji projektowej.

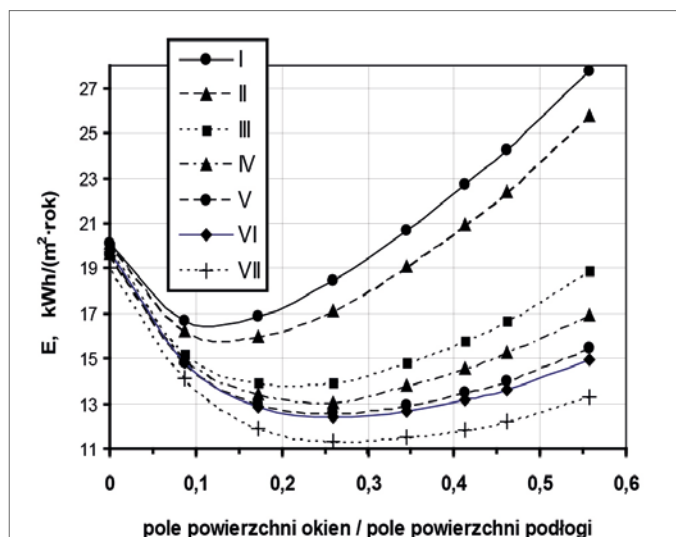
## 2. Racjonalna powierzchnia okien ze względu na ogrzewanie

W każdym ogrzewanym budynku efektywność wykorzystania zysków ciepłych pochodzących od promieniowania słonecznego czy użytkowników jest zależna od szeregu jego właściwości. Zgodnie z obecnymi procedurami uproszczonego obliczania zapotrzebowania na energię, np. wg normy PN-EN ISO 13790 [7], stopień wykorzystania dostępnych zysków ciepłych do pokrycia zapotrzebowania na energię jest zależny m.in. od aktualnej proporcji zysków i strat ciepłych oraz tzw. stałej czasowej budynku. Oprócz parametrów oczywistych, takich jak wielkość przeszklenia, jego przepuszczalność i zewnętrzne warunki klimatyczne, charakterystyka izolacyjna



Rys. 1. Strefa południowa. Zapotrzebowanie na ogrzewanie w zależności od wielkości południowego oszkleńcia oraz pojemności cieplnej. Budynek o podwyższonej izolacyjności termicznej z częściowym odzyskiem ciepła, podwójne oszklelenie spektralnie selektywne.

Fig. 1. South zone. Heating demand versus thermal capacity and south window area. Improved insulation standard with partial ventilation heat recovery, spectral selective double glazing



Rys. 2. Strefa południowa. Zapotrzebowanie na ogrzewanie w zależności od wielkości południowego oszkleńcia oraz pojemności cieplnej. Standard izolacyjny budynku pasywnego z wysoko sprawnym odzyskiem ciepła. Podwójne oszklelenie niskoemisyjne wypełnione ksenonem.

Fig. 2. South zone. Heating demand versus thermal capacity and south window area. Passive insulation standard with highly efficient ventilation heat recovery, low emission triple glazing

i akumulacyjna wszystkich komponentów budynku będzie miała istotny wpływ na faktyczne proporcje strat i zysków w jego bilansie cieplnym. W związku z powyższym nie ma prostej zależności i zasady typu: duże okna to duże zyski, a duże zyski to duże oszczędności energii nieodnawialnej.

W pracy [4] dokonano szczegółowej analizy powiązań, jakie istnieją pomiędzy poszczególnymi elementami charakterystyki energetycznej budynku a racjonalnym polem powierzchni południowego przeszkleńcia.

Na rys. 1 pokazano wpływ pola powierzchni południowego przeszkleńcia na sezonowe zapotrzebowanie na energię do ogrzewania południowo-zachodniej strefy budynku. Obliczenia symulacyjne z krokiem godzinowym zostały wykonane w programie Energy Plus. Izolacyjność termiczna przegród budynku jest tylko nieco wyższa od aktualnego standardu, a obniżone zapotrzebowanie na ogrzewanie wynika głównie z odzysku ciepła z powietrza wentylacyjnego. Poszczególne krzywe odpowiadają stopniowo rosnącej pojemności cieplnej wnętrza budynku (warianty od I do VII). W przypadku budynków bardzo lekkich i lekkich (trzy najwyższe krzywe) można zauważyć występowanie charakterystycznego minimum zapotrzebowania na ogrzewanie. Powiększanie pola powierzchni okna poza to minimum, mimo zwiększenia zysków słonecznych, wiąże się z ponownym wzrostem zapotrzebowania na ogrzewanie.

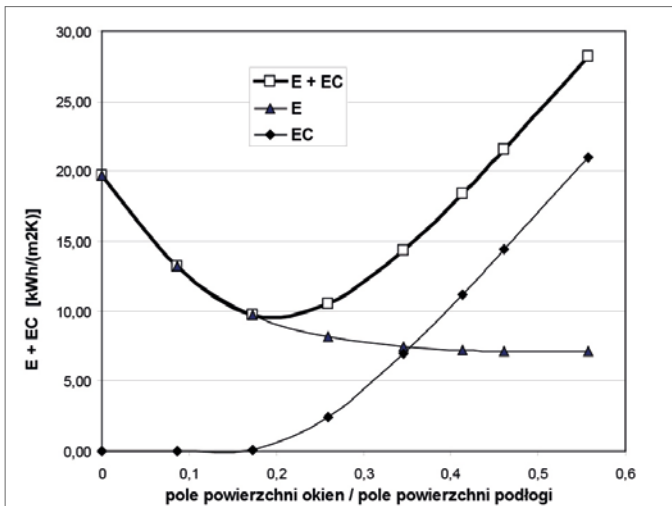
Chociaż bezwzględne zmiany wartości wskaźnika E są niewielkie (oś pionowa zaczyna się od wartości 39 kWh/(m²·rok)), to jednak łatwo stwierdzić, że w przypadku lekkich technologii inwestycja związana ze zbyt dużą powierzchnią kosztownych okien będzie zupełnie pozbawiona sensu.

Na rys. 2 pokazano wyniki obliczeń symulacyjnych dla tego samego fragmentu budynku, ale o bardzo wysokiej izolacyjności termicznej i z efektywnym odzyskiem ciepła z powie-

trza wentylacyjnego. Dodatkowa, istotna różnica w stosunku do poprzedniego przykładu polega na zastąpieniu oszkleńcia selektywnego o relatywnie niskiej przepuszczalności promieniowania zestawem szyb niskoemisyjnych. Rozpatrywane tu warianty zdolności akumulacyjnych wnętrza budynku są identyczne jak przy poprzedniej analizie.

Zmiana właściwości zewnętrznej obudowy budynku oraz strat ciepłych z budynku wiąże się ze znacznym obniżeniem jego zapotrzebowania na ogrzewanie (oś pionowa). Zwiększenie przepuszczalności promieniowania słonecznego przez szyby prowadzi do wyraźnego powiększenia wartości zysków słonecznych. W efekcie znacznej modyfikacji zmienia się stała czasowa budynku. Zmieniona charakterystyka tego obiektu wymaga od projektanta zupełnie innych niż poprzednio decyzji projektowych, prowadzących do uzyskania optymalnych efektów energetycznych i inwestycyjnych.

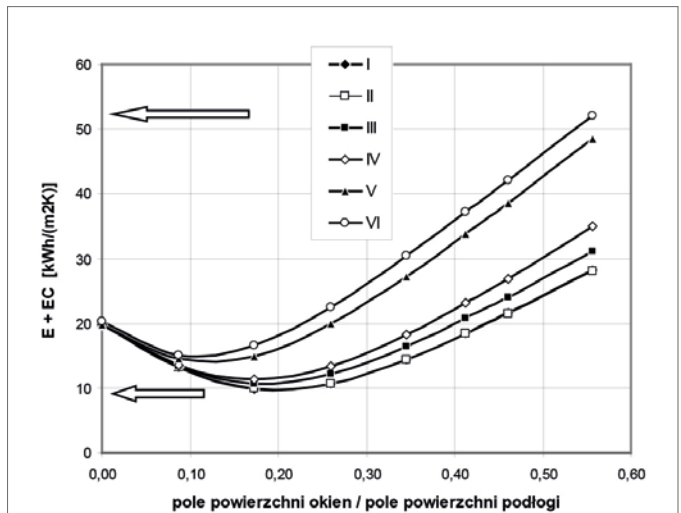
Niezależnie od zdolności akumulacyjnych przegród w każdym przypadku istnieje pewna optymalna wartość proporcji powierzchni okien i podłogi. Jej przekroczenie generuje dodatkowe koszty inwestycyjne, a jednocześnie podwyższa koszty eksploatacji budynku. Powierzchnie oszkleńcia gwarantujące uzyskanie minimalnego zapotrzebowania na ogrzewanie są ściśle związane z pojemnością cieplną wnętrza budynku i dodatkowo są zupełnie inne niż te, które mogą wynikać z rys. 1. Nie jest więc możliwe sformułowanie prostych wskaźników dla projektantów, które miałyby sens w każdym przypadku i gwarantowały uzyskanie racjonalnych pod względem energetycznym i ekonomicznym rozwiązań. Szczególne znaczenie praktyczne ma w tym przypadku błąd zawarty w przytoczonym wcześniej rozumowaniu, stawiającym wprost znak równości pomiędzy dużymi zyskami słonecznymi i dużymi oszczędnościami energii nieodnawialnej.



Rys. 3. Strefa południowa. Zapotrzebowanie na ogrzewanie, chłodzenie i łączne w zależności od wielkości południowego oszklenia, budynek bardzo masywny. Standard izolacyjny budynku pasywnego

z wysoko sprawnym odzyskiem ciepła. Potrójne oszklenie niskoemisyjne wypełnione ksenonem.

Fig. 3. South zone. Heating, cooling and overall demand versus south window area, very massive building. Passive insulation standard with highly efficient ventilation heat recovery, low emission triple glazing



Rys. 4. Strefa południowa. Łączne zapotrzebowanie na ogrzewanie i chłodzenie w zależności od wielkości południowego oszklenia i pojemności cieplnej. Standard izolacyjny budynku pasywnego z wysoko sprawnym odzyskiem ciepła. Potrójne oszklenie niskoemisyjne wypełnione ksenonem.

Fig. 4. South zone. Overall heating and cooling demand versus south window area and thermal capacity. Passive insulation standard with highly efficient ventilation heat recovery, low emission triple glazing

### 3. Racjonalna powierzchnia okien ze względu na energię całkowitą

Należy zauważyć, że analizowane aspekty, pokazujące niewłaściwe rozumowanie, to tylko część problemu. Pokazane powyżej wyniki obliczeń nie uwzględniają bowiem oceny warunków termicznych w budynku oraz jego ewentualnego zapotrzebowania na chłodzenie.

Na rys. 3 pokazano w jaki sposób zmiana pola powierzchni południowego przeszklenia wpływa nie tylko na zapotrzebowanie na ogrzewanie, ale także na chłodzenie wnętrza budynku, aby utrzymać temperaturę powietrza nie wyższą niż 25°C [6].

Krzywe przedstawione na rys. 3 dotyczą tylko jednego wariantu pojemności cieplnej: budynku najbardziej masywnego z dodatkowymi ciężkimi przegrodami wewnętrznymi (wariant VII w poprzednich analizach). Zmniejszona przepuszczalność trójszybowego zestawu sprawia, że krzywa zapotrzebowania na ogrzewanie „E”, po bardzo powolnym spadku w części końcowej, osiąga minimum dopiero przy maksymalnej powierzchni okien. Natomiast już przy powierzchni szyb równej około 20% pola powierzchni podłogi, w analizowanym przypadku pojawia się konieczność chłodzenia wnętrza „EC” i rośnie gwałtownie przy dalszym wzroście powierzchni przezroczystej przegrody. Pogrubiona krzywa „E+EC” to łączna wartość zapotrzebowania energii na ogrzewanie i chłodzenie wnętrza w zależności od pola powierzchni przeszklenia. Całościowy bilans energetyczny analizowanej części budynku osiąga wartość minimalną już przy 18–20% stosunku powierzchni południowego przeszklenia i podłogi. W analizowanym budynku przyjęto dla uproszczenia, że wentylacyjna wymiana powietrza jest utrzymywana na stałym poziomie nawet podczas okresu przegrzewania. W rzeczywistości będzie więc możliwe pewne zmniejszenie

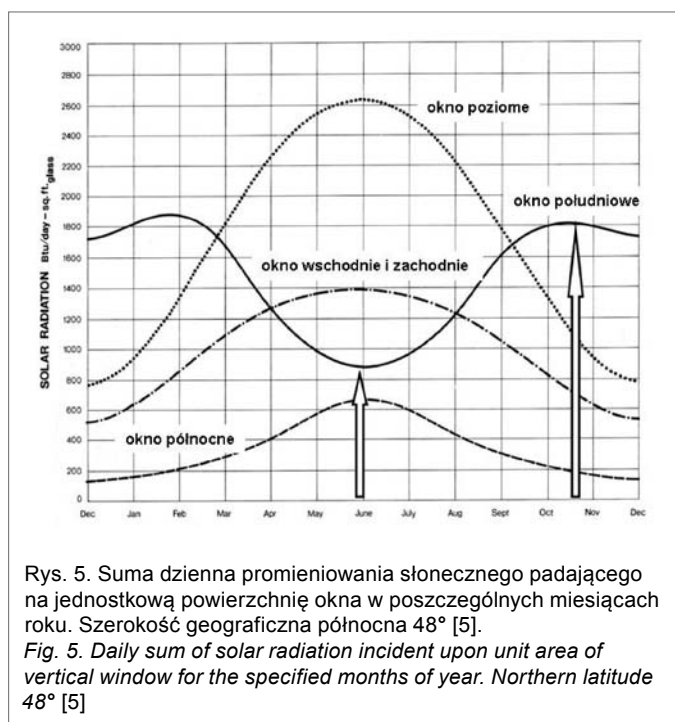
zapotrzebowania na chłodzenie lub uciążliwość przegrzewania poprzez zwiększenie intensywności wymian powietrza. W pracy [3] oszacowano, że przegrzewanie do wartości około 2 kWh/(m²rok) może być w ten sposób całkowicie zneutralizowane. Można więc stwierdzić, że kryterium minimalizacji łącznego zapotrzebowania na energię wskazuje na optymalne pole powierzchni południowego przeszklenia na poziomie ok. 27% pola powierzchni podłogi analizowanej części budynku. Jest to o połowę mniejsza wartość niż wynikałoby to jedynie z kryterium ogrzewania. Należy jednak ponownie podkreślić, że ta informacja nie ma charakteru ogólnego, pozwalającego na przeniesienie tej wiedzy na inne przypadki izolacyjności termicznej, wymian wentylacyjnych, właściwości szyb czy innych warunków klimatycznych.

Inny istotny aspekt oceny budynku to ogromna różnica pomiędzy wartością zapotrzebowania tylko na ogrzewanie, a całkowitym zapotrzebowaniem. Jak wynika z wykresów na rys. 3, bardzo duża powierzchnia okien południowych pozwala obniżyć zapotrzebowanie analizowanej strefy budynku do poziomu zaledwie 7 kWh/(m²rok). W skali całego budynku, po uwzględnieniu w bilansie cieplnym nie tylko części nasłonecznionej, ale także nienasłonecznionej, realnie wydaje się uzyskanie średniego zapotrzebowania spełniającego wymogi stawiane budynkom pasywnym.

Natomiast uwzględnienie zapotrzebowania całkowitego przy 50% powierzchni okien dyskwalifikuje całkowicie ten budynek jako obiekt energooszczędny.

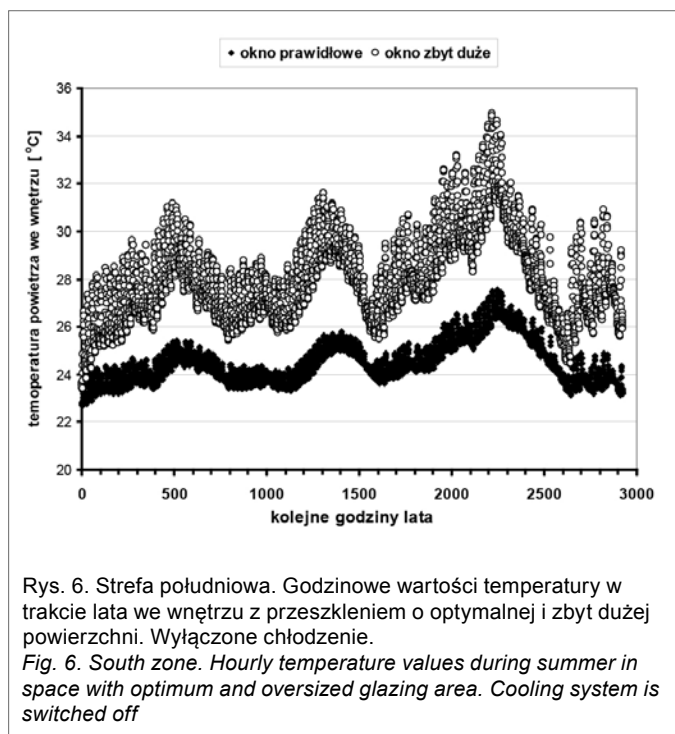
Znacznie gorsza sytuacja ma jednak miejsce w przypadku budynków bardzo lekkich. Minimum łącznego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia uzyskuje się bardzo szybko (już przy stosunku pola powierzchni okien i podłogi równym 10–12%). Tylko przy takiej powierzchni okien jest





Rys. 5. Suma dzienna promieniowania słonecznego padającego na jednostkową powierzchnię okna w poszczególnych miesiącach roku. Szerokość geograficzna północna 48° [5].

Fig. 5. Daily sum of solar radiation incident upon unit area of vertical window for the specified months of year. Northern latitude 48° [5]



Rys. 6. Strefa południowa. Godzinowe wartości temperatury w trakcie lata we wnętrzu z przeszkleniem o optymalnej i zbyt dużej powierzchni. Wyłączone chłodzenie.

Fig. 6. South zone. Hourly temperature values during summer in space with optimum and oversized glazing area. Cooling system is switched off

szansa na uzyskanie zapotrzebowania na energię do ogrzewania bliskiego budynkom pasywnym. Obniżenie łącznego zapotrzebowania dzięki zyskom słonecznym jest też w tym przypadku mniejsze niż dla budynków masywnych. Co jednak istotniejsze, nadmierne pole powierzchni okien południowych powoduje bardzo znaczny wzrost całkowitego zapotrzebowania na energię. Skrajnie przewymiarowane pole powierzchni okien sprawia, że zamiast standardu budynku pasywnego bardzo dobrze zaizolowany budynek uzyskiwałby zaledwie umowny poziom budynku energooszczędnego (rys. 4).

W tym miejscu, warto jasno stwierdzić, że przywoływane wyżej standardy budownictwa pasywnego czy energooszczęd-

nego nie uwzględniają oczywiście w bilansie cieplnym chłodzenia, chociaż, jak pokazano, może to być krytyczne dla właściwej oceny budynku.

Obserwowana obecnie praktyka projektowania budynków pasywnych i stosowane w niej uproszczone narzędzia obliczeniowe kładą nacisk jedynie na minimalizację zapotrzebowania na ogrzewania. Stąd więc coraz częściej pojawiają się zastrzeżenia dotyczące warunków termicznych i dyskomfortu w takich budynkach wywołanego intensywnym przegrzewaniem.

#### 4. Ochrona przed przegrzewaniem

Konieczność zapewnienia ochrony budynków przed przegrzewaniem jest obecnie coraz lepiej dostrzegana.

W tzw. Warunkach Technicznych jest od dawna zawarta prymitywna procedura ograniczania pola powierzchni okien. Jej celem jest jednak tylko ograniczenie strat ciepłych przez nadmierną powierzchnię źle izolowanych okien (obecnie o wartości  $U$  powyżej  $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ).

Kilka lat temu pojawił się po raz pierwszy bardzo prosty algorytm ograniczania przepuszczalności oszklenia przy użyciu różnego rodzaju zasłon, którego celem jest faktycznie ochrona wnętrza przed przegrzewaniem. Jednakowe wymagania są stawiane oknom pionowym o orientacji wschodniej, południowej i zachodniej. W podobny sposób sformułowano zalecenia związane z ochroną przed przegrzewaniem w nowym dokumencie [6], który ma promować w naszym kraju budownictwo o najwyższym standardzie energetycznym. Dla wyjaśnienia ogromnej różnicy, jaka jest związana z orientacją pionowych przeszkleń, warto przypomnieć znane od dawna zależności związane z geometrią słoneczną (rys. 5).

#### Podsumowanie

Ze względu na brak umiejętności wśród polskich projektantów oraz brak właściwych narzędzi do projektowania budynków o bardzo niskim zapotrzebowaniu na energię konieczne jest przygotowanie procedur i algorytmów do oceny projektów.

Konieczne jest rozpatrywanie łącznego bilansu energetycznego budynków energooszczędnych, który będzie uwzględniał zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i chłodzenia.

Analizy przedstawione w rozdziałach 2 i 3 dotyczyły jedynie okien o orientacji południowej. Nawet bez szczegółowej symulacji cieplnej budynku łatwo można dostrzec szczególne uprzywilejowanie tej orientacji pod względem ilości i rozłożenia w czasie dostępnej energii słonecznej, rys. 5. W okresie zimowym tylko okno o orientacji południowej może stać się dla budynku efektywnym źródłem energii. Okna o innych orientacjach powinny mieć powierzchnię minimalną, wynikającą z niezbędnych warunków oświetleniowych oraz aspektów psychologicznych pod względem użytkowania wnętrza. W przypadku starań o ochronę wnętrza przed przegrzewaniem ta relacja pozostaje bez zmian. Zyski ciepłe przez pionowe oszklenie zorientowane ściśle na południe są w miesiącu czerwcu o około 40% mniejsze niż przez okna wschodnie lub zachodnie. Nie znaczy to oczywiście, że budynki z oknami zorientowanymi na południe nie mogą być przegrzewane, zwłaszcza kiedy pole powierzchni okien będzie zupełnie nieracjonalne. Jest jednak jeszcze jeden bardzo prosty argument przemawiający za szczególną rolą okien południowych. Dzięki silnemu zróżnicowaniu w trakcie roku kąta padania promieniowania słonecznego

na pionową płaszczyznę południową, nieruchome poziome elementy zacierniające o odpowiedniej geometrii, w postaci tzw. łamaczy światła, balkonów, pergol itp., skutecznie osłaniają przeszklenie przed promieniowaniem w lecie i podczas zimy nie stanowią dla niego żadnej przeszkody. Dobrze zaprojektowane osłony poziome efektywnie blokują dostęp promieniowania bezpośredniego, nie pozbawiając jednak wnętrza oświetlenia pochodzącego od promieniowania rozproszonego. Zalecane w WT i wymaganiach [6] osłony pionowe mają ograniczoną skuteczność (zwłaszcza osłony wewnętrzne) i prowadzą do zupełnie nieracjonalnych sytuacji, w których w warunkach nadmiaru energii słonecznej we wnętrzu konieczne jest użycie oświetlenia sztucznego.

Warto w tym miejscu ponownie podkreślić znaczenie racjonalnego projektowania wielkości okien. Pole powierzchni dobrane na podstawie kryterium łącznego minimalnego zapotrzebowania całkowicie lub w znacznym stopniu ogranicza problem przegrzewania. Wyniki symulacji dla okresu lata pokazano na rys. 6. W przypadku optymalnej powierzchni przeszklenia w nasłonecznionej strefie budynku nie występują praktycznie warunki wymagające chłodzenia, mimo że nie korzystano z możliwości intensywnego przewietrzania lub nocnego chłodzenia wnętrza.

W przypadku okna zaprojektowanego wg zasady „duże przeszklenie – duże zyski”, prowadzącej w skrajnych warunkach do przeszklenia całej ściany południowej, zbyt wysoka temperatura we wnętrzu (powyżej 27°C) panowałaby przez około 70% całego okresu letniego.

Krytyczny aspekt wszystkich decyzji projektowych to relacje ekonomiczne. Najczęściej jakakolwiek poprawa właściwości obiektu wiąże się ze wzrostem nakładów inwestycyjnych. W tym przypadku może być jednak inaczej. Racjonalnie zaprojektowana (tj. ograniczona do najkorzystniejszego poziomu) wielkość okien ma istotny wpływ na zapotrzebowanie na energię, a więc na koszty ogrzewania i chłodzenia oraz na komfort cieplny wnętrza. Ogranicza ona jednak także koszt inwestycyjny tych bardzo drogiej fragmentów przegród, a jednocześnie eliminuje lub redukuje przynajmniej koszt inwestycyjny dodatkowych zabiegów, których celem jest ochrona budynku przed przegrzewaniem.

Duże zyski słoneczne poprzez zorientowane na południe otwory okienne w sposób naturalny prowadzą do strefowania termicznego wnętrza i w efekcie do silnego zróżnicowania zapotrzebowania na ogrzewanie konwencjonalne poszczególnych części budynku. W takiej sytuacji naturalne działanie to próba wyrównywania rozkładu zysków cieplnych w całym obrysie kondygnacji, prowadząca do lepszego ich wykorzystania oraz zmniejszająca przegrzewanie nasłonecznionego wnętrza [7]. W analizach symulacyjnych przyjęto, że pomiędzy południową a północną częścią kondygnacji są otwarte drzwi umożliwiające swobodną konwekcję między obydwiema strefami lub też odbywa się wymuszona mechanicznie wymiana powietrza o większej intensywności (do maksymalnie 5 wymian na godzinę). Jak pokazują jednak wyniki analiz, wewnętrzna wymiana powietrza między strefami nie ma dużego znaczenia dla powiększenia udziału zysków słonecznych w bilansie budynku. Przy intensywnej międzystrefowej wymianie powietrza uzyskuje się zmniejszenie zapotrzebowania na ogrzewanie całego obiektu o 2–3% w stosunku do wariantu oddzielonych stref.

Istnieje sprzeczność pomiędzy dążeniem do uzyskania maksymalnych zysków dla całego obiektu a minimalizacją zapo-

trzebowania na ogrzewanie i chłodzenie tylko w strefie południowej. Stosunkowo niewielkie dodatkowe oszczędności w skali całego obiektu, uzyskiwane poprzez dalsze powiększenie powierzchni okien południowych, mogą spowodować bardzo znaczny wzrost przegrzewania w strefie południowej. Jeśli więc południowa część kondygnacji nie może być jedynie swego rodzaju „kolektorem energii” dla całego budynku, to racjonalne będzie projektowanie powierzchni przeszklenia tylko w odniesieniu do jej wydzielonej powierzchni.

Dobre efekty wewnętrznej redystrybucji zysków cieplnych uzyskać można natomiast poprzez projektowe otwarcie wnętrza w obrębie całej kondygnacji. Takie zalecenia, nieco kontrowersyjne dla części użytkowników, można często spotkać w publikacjach związanych z biernymi systemami słonecznymi [5]. Wewnętrzna wymiana ciepła może się też częściowo odbywać poprzez nieizolowane, masywne przegrody wewnętrzne, a będzie bardzo utrudniona w przypadku lekkich ścianek działowych z izolacją akustyczną.

## Literatura

- [1] COOPER K.: *Overheating as a Factor in House Design*. CANMET Energy Technology Centre, Ontario 1997.
- [2] HENZE G.P., PFAFFEROTT J., HERKEL S., FELSMANN C.: *Impact of adaptive comfort criteria and heat waves on optimal building mass control*. „Energy and Buildings” 39/2007.
- [3] KISILEWICZ T.: *Computer Simulation in Solar Architecture Design*. „Architectural Engineering and Design Management” 3/2007, s. 106–123
- [4] KISILEWICZ T.: *Wpływ izolacyjnych, dynamicznych i spektralnych właściwości przegród na ciepły budynek energooszczędnych*. Wydawnictwo PK, No. 364, Kraków 2008
- [5] MAZRIA E.: *The Passive Solar Energy Book*. Rodale Press Emaus 1979.
- [6] *Określenie podstawowych wymogów, niezbędnych do osiągnięcia oczekiwanych standardów energetycznych dla budynków mieszkaniowych oraz sposobu weryfikacji projektów i sprawdzenia wykonanych domów energooszczędnych. ETAP I. Wytyczne do weryfikacji projektów budynków mieszkalnych, zgodnych ze standardem NFOŚiGW*. Dokument przygotowany przez Krajową Agencję Poszanowania Energii SA, Warszawa 2012.
- [7] PN-EN ISO 13790:2006 Ciepłota właściwości użytkowe budynków – Obliczanie zapotrzebowania na energię do ogrzewania.

Tomasz Kisilewicz – Politechnika Krakowska,  
Zakład Budownictwa i Fizyki Budowli,  
e-mail: tkisilew@pk.edu.pl

artykuł recenzowany

reklama