

Metodykę dokładniejszego obliczania transmisyjności atmosfery zawiera opracowanie [2]. Wartość ta jest przedstawiona jako iloczyn transmisyjności atmosfery idealnej (Rayleigha) oraz współczynników poprawkowych uwzględniających wpływ obecności w atmosferze rzeczywistej ozonu, pary wodnej i aerozoli. W tabeli 2 zestawiono obliczenia masy optycznej i  $t_a$  dla atmosfery idealnej.

**Tabela 2.**

*Wartości transmisyjności atmosfery idealnej przy ciśnieniu atmosferycznym 1013 HPa wg [2].*

Wysokość Słońca	Masa optyczna	Transm. atmosfery	Wysokość Słońca	Masa optyczna	Transm. atmosfery
90°	1,000	0,914	40°	1,553	0,878
80°	1,015	0,913	30°	1,993	0,853
70°	1,063	0,909	20°	2,900	0,807
60°	1,154	0,903	10°	5,580	0,705
50°	1,304	0,894	5°	10,323	0,616

Oczywiście transmisyjność atmosfery rzeczywistej jest mniejsza. W opracowaniu [3] podana została wartość otrzymana w wyniku badań periheliometrycznych:  $I_b = 1,4 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \text{ min}) = 997,0 \text{ W/m}^2$ , dla powierzchni prostopadłej do kierunku padania, na poziomie morza, co daje współczynnik transmisyjności 0,73.

#### LITERATURA

1. Mietelski J.: *Astronomia w geografii*. PWN, Warszawa 1979.
2. *A Building and Its Physical Environment*. Praca zbiorowa pod red. L. Sliwowskiego. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1992.
3. Rybka E.: *Astronomia ogólna*. PWN, Warszawa 1983.

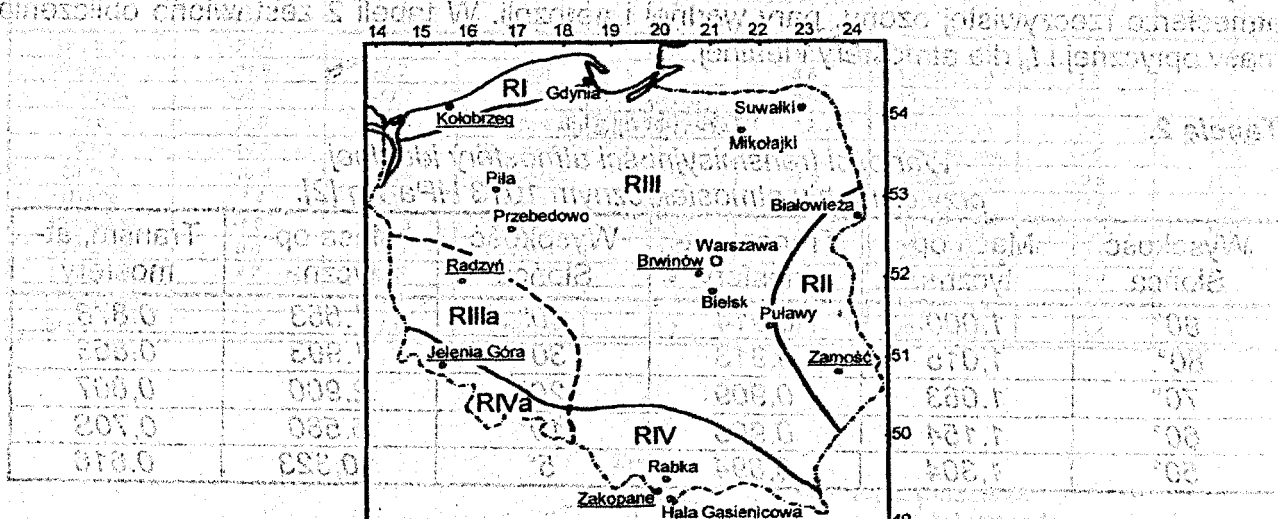
**Ujma Adam**

### **EFEKTYWNOŚĆ CIEPLNA PRZEGRÓD Z IZOLACJĄ TRANSPARENTNĄ**

Promieniowanie całkowite, jakie dociera do danego punktu Ziemi, jest sumą promieniowania bezpośredniego i rozproszonego, które z kolei zależą od czynników miejscowych, takich jak szerokość geograficzna, klimat lokalny, zanieczyszczenie atmosfery.

Czas nasłonecznienia, a więc suma energii promieniowania słonecznego jaką dysponujemy, uzależniony jest od pory roku i położenia geograficznego. Tak więc, roczna suma energii całkowitego promieniowania słonecznego dla obszarów, najkorzystniej położonych wynosi około  $2560 \text{ kWh/m}^2$ , dla Polski zaś zawiera się w granicach od  $950$  do  $1250 \text{ kWh/m}^2$  w ciągu całego roku. Odpowiada to spaleniu, ze sprawnością 100%, około 120 kg paliwa umownego. Te znaczące strumienie energii w znikomym stopniu są wykorzystywane do poprawy bilansu energetycznego Polski, poprzez zastępowanie energii otrzymywanej z paliw, a przy tym i do poprawy stanu zanieczyszczenia środowiska produktami spalania tychże paliw. Na terenie Polski położonej między 49 a 54,5 szerokości geograficznej północnej, natężenie promieniowania, kąt padania promieni słonecznych i liczba godzin słonecznych są różne w skali roku. Pomiarów parametrów promieniowania słonecznego prowadzone przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w latach

1960 – 1990, pozwoliły zastosować rejonizację zasobów energii promieniowania słonecznego kraju. Ze względu na roczne sumy promieniowania całkowitego na powierzchni poziomej, na obszarze Polski wyodrębnia się cztery podstawowe regiony (rys. 1).



**Rys. 1.** Rejonizacja obszaru Polski pod względem intensywności rocznego promieniowania słonecznego [1]

- I – pas nadmorski, ograniczony izoliną 950 kWh/(m<sup>2</sup>rok) z Kołobrzegiem jako stacją charakterystyczną,
- II – wschodnia część Polski, ograniczona izoliną 950 kWh/(m<sup>2</sup>rok), ze stacją charakterystyczną Zamość,
- III – pozostała część Polski od południa, ograniczona izoliną 900 kWh/(m<sup>2</sup>rok), ze stacją Brwinów,
- IV – południowa część Polski ograniczona od północy izoliną 900 kWh/(m<sup>2</sup>rok), ze stacją Zakopane.

Dodatkowo wydzielono dwa podregiony:

- IIIa – górne dorzecze Odry z Radzynie,
- IVa – obszar Sudetów i Podgórze Sudeckiego z Jelenią Górą.

Największy dopływ energii promieniowania słonecznego obserwuje się na wybrzeżu (rejon I) oraz we wschodniej części kraju (rejon II). Roczne sumy promieniowania słonecznego kształtują się w granicach 950 – 1020 kWh/m<sup>2</sup>. Najmniejszy w ciągu całego roku dopływ energii promieniowania słonecznego obserwuje się na południu Polski (rejon IV). Jednocześnie w tym rejonie w sezonie zimowym dopływ energii promieniowania słonecznego jest największy (200 – 250 kWh/m<sup>2</sup>). Podobnymi cechami charakteryzuje się rejon Sudetów - IVa. Generalnie w skali roku najwyższe wartości promieniowania słonecznego obserwuje się na wybrzeżu zachodnim oraz we wschodniej części Polski. W półroczu zimowym natomiast korzystniejsze warunki wykorzystania energii promieniowania słonecznego obserwuje się w południowej i wschodniej części Polski.

Porównując dane z Polski z danymi dla innych miast na świecie można stwierdzić że na terenie naszego kraju nasłonecznienie jest podobne do obszaru północnych i środkowych Niemiec, Beneluxu, Danii, północnej Francji i północnej części USA. Mamy jednak znacznie korzystniejsze warunki od Wielkiej Brytanii, Finlandii czy Szwecji, a we wszystkich tych krajach wykorzystuje się z powodzeniem instalacje słoneczne, w tym przegrody z izolacjami transparentnymi. Powinno to być zachętą do podjęcia prac mających na celu szersze wykorzystanie energii promieniowania słonecznego w Polsce.

W chwili obecnej graniczna wartość wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło  $E$ , budynku jednorodzinnego w Polsce wynosi w odniesieniu: do kubatury ( $V = 307 \text{ m}^3$ ) –  $37,4 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{a})$ , do powierzchni użytkowej budynku ( $A_p = 121 \text{ m}^2$ ) –  $93,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  [2]. Zastosowanie izolacji transparentnych, szczególnie na ścianach nasłonecznionych oraz ich odpowiednia lokalizacja, orientacja i właściwe rozwinięcie płaszczyzn ściennych mogą przyczynić się do dodatkowego zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło.

Najlepszy bilans energetyczny ściany z izolacją transparentną w czasie okresu grzewczego uzyskują ściany zorientowane na południe, które w miesiącach zimowych najdłużej są nasłoneczniane i podobnie jak przez okna przechodzi przez nie znaczna część promieniowania słonecznego. Wyniki badań wykazują, że dla Niemiec, w przybliżeniu, w ciągu roku izolacja transparentna, umieszczona na powierzchni ściany, może pokryć roczne zapotrzebowanie energii, w przypadku ściany południowej do wielkości około  $120 \text{ kWh}/\text{m}^2$ , a dla wschodniej i zachodniej około  $70 \text{ kWh}/\text{m}^2$ .

W przypadku budownictwa polskiego, przegrody z izolacjami transparentnymi są praktycznie nieznanymi. Szczątkowe informacje, jakie można na ich temat znaleźć w literaturze fachowej, nie wskazują na optymalne rozwiązania konstrukcyjno – materiałowe i terytorialne, tego rodzaju konstrukcji do zastosowania w warunkach polskich. Wydaje się to być jedną z podstawowych barier, nie pozwalających na wdrożenie na szeroką skalę tego rodzaju rozwiązań w budynkach wznoszonych na terenie Polski.

W niniejszym referacie zamieszczono wyniki obliczeń parametrów cieplnych ścian z izolacją transparentną, dla terytorium Polski, dla standardowego sezonu grzewczego.

Gęstość strumienia ciepła, w stanie ustalonym, przez ścianę z izolacją transparentną wg [5], określa następujące równanie:

$$\eta_0 I_c = U_{Ti} (T_A - T_e) + U_w (T_A - T_i), \quad (1)$$

gdzie:

$U_{Ti}$  – współczynnik przenikania ciepła dla transparentnej izolacji,  $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$ ;

$U_w$  – współczynnik przenikania ciepła dla ściany,  $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$ ;

$T_e$  – temperatura powietrza zewnętrznego,  $[\text{K}]$ ;

$T_i$  – temperatura powietrza wewnętrznego,  $[\text{K}]$ ;

$T_A$  – temperatura absorpcyjnej powierzchni ściany,  $[\text{K}]$ ;

$\eta_0$  – współczynnik konwersji promieniowania słonecznego dla izolacji transparentnej i powierzchni ściany,

$I_c$  – strumień promieniowania słonecznego, całkowitego, wg normy [6],  $[\text{W}/\text{m}^2]$ .

Współczynnik konwersji  $\eta_0$  określa zależność:

$$\eta_0 = \tau \alpha, \quad (2)$$

gdzie:  $\tau$  – współczynnik transmisyjności promieniowania słonecznego przez izolację transparentną;

$\alpha$  – współczynnik absorpcji promieniowania słonecznego dla powierzchni ściany.

Strumień energii promieniowania słonecznego, po przejściu przez izolację transparentną (współczynnik konwersji  $\eta_0$ ) absorbowany jest przez powierzchnię ściany, a następnie rozkłada się na dwa strumienie ciepła, z których jeden przenika do wnętrza pomieszczenia  $U_w (T_A - T_i)$ , a drugi na zewnątrz  $U_{Ti} (T_A - T_e)$ .

Utrzymywanie się temperatury o wartości  $T_A$ , wyższej od temperatury powietrza zewnętrznego  $T_e$ , zapewnia ogrzewanie pomieszczenia.

Gdy strumień promieniowania słonecznego równy jest zero  $I_c = 0$ , równanie (1) przyjmuje postać:

$$U_{Ti} (T_e - T_A) = U_w (T_A - T_i). \quad (3)$$

Po przekształceniu:

W niniejszym referacie zamieszczono wyniki obliczeń parametrów cieplnych ścian z izolacją transparentną, dla terytorium Polski, dla standardowego sezonu grzewczego. Wyniki badań wykazują, że dla Niemiec, w przybliżeniu, w ciągu roku izolacja transparentna, umieszczona na powierzchni ściany, może pokryć roczne zapotrzebowanie energii, w przypadku ściany południowej do wielkości około  $120 \text{ kWh}/\text{m}^2$ , a dla wschodniej i zachodniej około  $70 \text{ kWh}/\text{m}^2$ .

$$T_A = \frac{U_{\pi} T_e + U_w T_i}{U_{\pi} + U_w} \quad (4)$$

Strumień strat ciepła z pomieszczenia, bez absorpcji promieniowania słonecznego jest równy:

$$q_w = (T_i - T_e) U_w = \frac{U_w U_{\pi} (T_i - T_e)}{U_{\pi} + U_w} \quad (5)$$

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany z izolacją transparentną jest równy:

$$U = \frac{U_w U_{\pi}}{U_{\pi} + U_w} \quad (6)$$

Efektywność ogrzewania przez ścianę z izolacją transparentną jest znacząca, gdy ściana charakteryzuje się dużą wartością współczynnika przenikania ciepła  $U_w$ , przy jednoczesnej małej wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_{\pi}$  dla izolacji transparentnej.

Temperaturę  $T_A$ , przy założeniu występowania promieniowania słonecznego  $I_c > 0$  określana jest ze wzoru (1)

$$T_A = \frac{\eta_c I_c + U_{\pi} T_e + U_w T_i}{U_{\pi} + U_w} \quad (7)$$

Strumień ciepła przenikający przez ścianę ma postać:

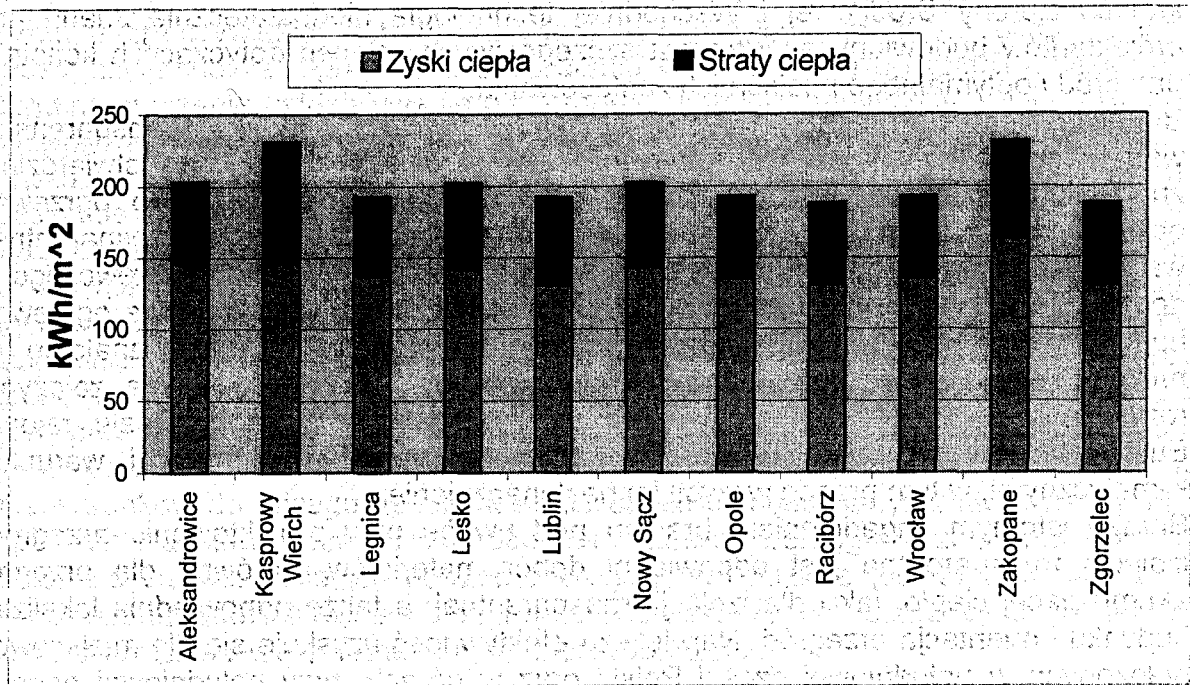
$$q_w = (T_A - T_i) U_w = \frac{\eta_c U_w I_c + U_{\pi} U_w (T_e - T_i)}{U_{\pi} + U_w} \quad (8)$$

Według zależności (8) określone zostały wartości efektywności cieplnej wybranych przegród z izolacją transparentną.

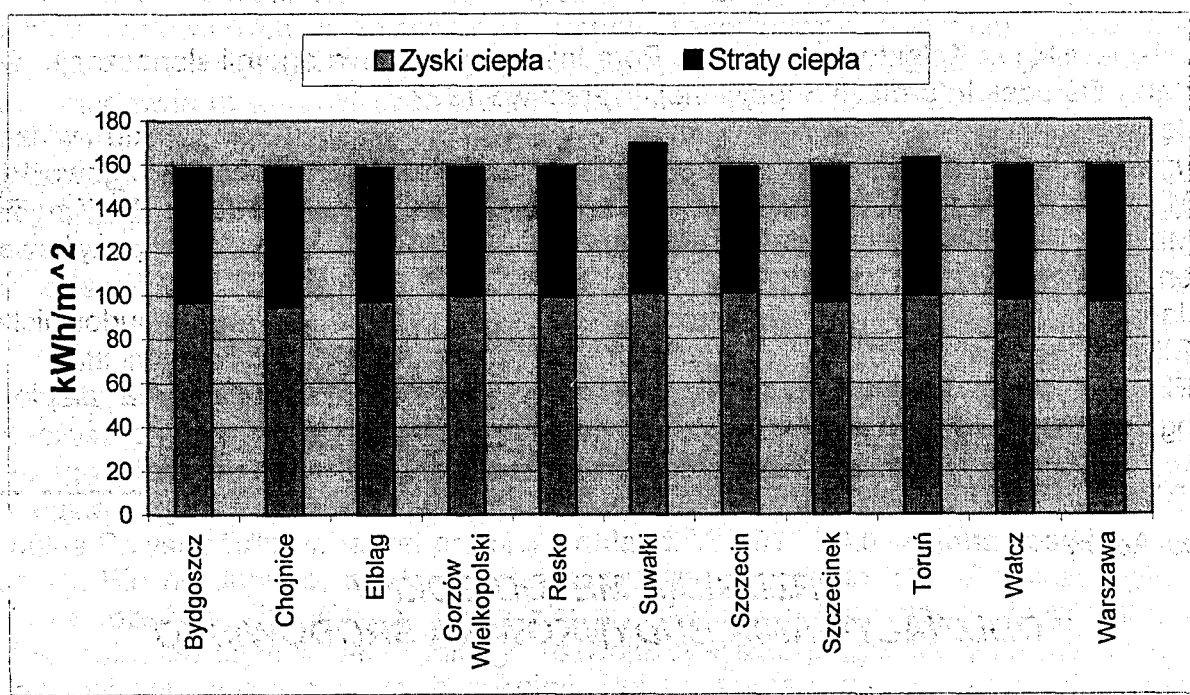
Efektywność cieplną ściany z izolacją transparentną tj. wielkość strumienia ciepła przenikającego przez tą ścianę obliczono według wzoru (8). Wartości oporu cieplnego przyjęte w obliczeniach wynoszą dla izolacji transparentnej średnio  $R_{\pi} = 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$  oraz dla przegrody z cegły ceramicznej pełnej o grubości 38 cm  $R_w = 0,49 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Przyjęto przeciętną wartość współczynnika transmisyjności promieniowania słonecznego przez izolację transparentną  $\tau = 0,7$  oraz współczynnik absorpcji promieniowania słonecznego dla powierzchni ściany  $\alpha = 0,9$ . Obliczenia wykonano dla 59 miast Polski oraz dla przegród pionowych, nachylonych pod kątem  $60^\circ$  i  $30^\circ$  do poziomu oraz zorientowanych w kierunku S, S - W, S - E.

Na wykresie 1 przedstawiono wyniki obliczeń zysków ciepła przez przegrodę z izolacją transparentną dla miejscowości, w których w ciągu całego sezonu grzewczego bilans przepływu ciepła przez nią jest dodatni, a równocześnie suma zysków ciepła wszystkich miesięcy sezonu grzewczego jest największa (powyżej  $130 \text{ kWh/m}^2$ ). Na wykresie 2 natomiast przedstawiono wyniki obliczeń dla miejscowości o najmniejszych zyskach ciepła w ciągu całego sezonu grzewczego (poniżej  $101 \text{ kWh/m}^2$ ). Wyniki przedstawione na wykresach dotyczą południowej orientacji przegrody nachylonej pod kątem  $60^\circ$  do poziomu.

Wzrost zysków ciepła przez przegrodę z izolacją transparentną w miastach o największych zyskach ciepła w ciągu całego sezonu grzewczego jest dodatni, a równocześnie suma zysków ciepła wszystkich miesięcy sezonu grzewczego jest największa (powyżej  $130 \text{ kWh/m}^2$ ). Wyniki obliczeń przedstawione na wykresach dotyczą południowej orientacji przegrody nachylonej pod kątem  $60^\circ$  do poziomu.



**Wykres 1.**  
Miejscowości o największych zyskach ciepła przez ścianę z izolacją transparentną



**Wykres 2.**  
Miejscowości o najmniejszych zyskach ciepła przez ścianę z izolacją transparentną

### WNIOSKI

1. Na podstawie analizy literatury omawiającej izolację transparentne można wyciągnąć wnioski o skąpych i nie usystematyzowanych danych o tego rodzaju materiałach i ich zastosowaniu. Mimo, iż w okresie ostatnich kilkunastu lat wykonano na świecie wiele badań naukowych dotyczących izolacji transparentnych, wciąż jest to w Polsce i



krajach Europy Środkowej i Wschodniej technologia niedostatecznie znana przez projektantów budowlanych. Brak jest szczegółowych zaleceń dotyczących konstrukcji przegród i optymalnego miejsca ich zastosowania.

2. Biorąc pod uwagę efektywność jaką uzyskują przegrody z izolacją transparentną w warunkach klimatycznych Polski, co wykazano w artykule, można stwierdzić, iż znacząco zmniejszają one zapotrzebowanie na ciepło niezbędne do ogrzewania obiektów budowlanych. I choć bilans cieplny przegród z izolacją transparentną w warunkach klimatycznych Polski nie dla wszystkich miesięcy sezonu grzewczego jest dodatni, to zastosowanie tego rozwiązania może znacząco skrócić czas ogrzewania budynku konwencjonalnymi urządzeniami grzewczymi. Przez analogię do funkcjonowania izolacji transparentnych w warunkach polskich, można założyć, iż rozwiązania te mogą wykazywać również wysoką efektywność w wielu rejonach Europy Środkowej i Wschodniej, charakteryzujących się podobnymi warunkami klimatycznymi, w tym przede wszystkim nasłonecznieniem.
3. Bardzo istotnym zagadnieniem brany pod uwagę przy projektowaniu przegród z izolacją transparentną jest odpowiedni dobór materiałów, zarówno dla przegrody akumulującej ciepło, jak i dla izolacji transparentnej, a także odpowiednia lokalizacja budynku i orientacja przegród. Największą efektywność uzyskuje się dla miejscowości położonych w południowej części Polski oraz w górach, przy południowej orientacji przegrody.

#### LITERATURA

1. Wiśniewski G.: Kolektory słoneczne. Poradnik wykorzystania energii słonecznej. Centralny Ośrodek Informacji Budowlanej, Warszawa 1992.
2. Jędrzejewska – Ścibak T.: Bilans energetyczny budynku z punktu widzenia użytkowników (w:) Systemowe podejście do izolacji cieplnej budynków, Mrągowo 1998.
3. Mikoś J.: Półprzezroczyste izolacje termiczne budynków, ŚWIAT SZKŁA, 1997 nr 6.
4. Mikoś J.: Ściany z osłoną transparentną jako efektywne układy pozyskiwania energii słonecznej, Przegląd Budowlany 1996 nr 3.
5. Januszewski J.: Zastosowanie izolacji transparentnej i termotropowej w budownictwie, CIEPŁOWNICTWO, OGRZEWNICTWO, WENTYLACJA 2000, nr 1
6. PN – B – 02025:1998, Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej.

*Ujma Adam*

### **PRZEGLĄD METOD OCENY ODDZIAŁYWANIA BUDYNKÓW NA ŚRODOWISKO**

Relacje między obiektem budowlanym a jego otoczeniem składają się na różnego rodzaju oddziaływanie otoczenia na obiekt oraz oddziaływanie obiektu na otoczenie, w którym on znajduje się, w tym na środowisko naturalne oraz użytkowników tych obiektów. Oddziaływanie to jest zróżnicowane w odniesieniu do stopnia i rodzaju oddziaływań. Inne występuje na etapie wznoszenia obiektu i jeszcze wcześniej, w momencie produkcji materiałów budowlanych. Odmienna, ilościowo i jakościowo, skala oddziaływań rejestrowana jest na etapie jego eksploatacji, a inna na etapie rozbiórki i utylizacji materiałów pojawiających się w jej rezultacie. Oddziaływania te mogą nosić charakter pozytywny, negatywny lub obojętny. Pozytywny, czyli taki, w wyniku którego obiekt lub otoczenie może pozyskać lub oddawać składniki materialne lub niematerialne (np. energię) nie szkodząc sobie na