

Ocena zacienienia elewacji budynku w warunkach zabudowy miejskiej

Dr hab. inż. arch. Justyna Kobylarczyk, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

We współczesnym projektowaniu urbanistycznym ważną rolę odgrywa stworzenie dogodnych warunków przestrzennych towarzyszących obiektom budowlanym z uwzględnieniem czynników klimatycznych. Warunki te wpływają między innymi na planowanie budynków o odpowiedniej skali i formie. Nie bez znaczenia pozostaje wysokość i linia zabudowy oraz jej kształt, a także wzajemne usytuowanie obiektów [1].

Uwzględnienie czynników klimatycznych jest jednym z priorytetowych zadań w proekologicznej koncepcji projektowania urbanistycznego. Wiąże się to między innymi z bezpośrednim wykorzystaniem promieniowania słonecznego [2].

2. Promieniowanie słoneczne

W skali mikrourbanistycznej wykorzystanie promieniowania słonecznego pozwala na racjonalne zagospodarowanie otoczenia budynku, wyznaczenie jego kształtu, usytuowanie względem stron świata, a nawet geometrii przykrycia dachowego [3].

Jednym z rozważanych zagadnień w niniejszej pracy jest określenie powierzchni zacienienia ścian budynków; czym większe zacienienie, tym mniejsza absorpcja energii słonecznej i tym samym mniejsze naturalne ogrzanie. Zacienienie to może być spowodowane sąsiadującą zabudową, balkonami i okapem. Czym wysokość kąta Słońca h_a (por. rys. 1) jest większa, tym mniejsze jest zacienienie od sąsiadującej zabudowy, natomiast większe od balkonów i okapu – i odwrotnie.

Wpływ sąsiadującej zabudowy zależy od wysokości budynków i odległości między nimi. Wpływ balkonu i okapu zależy od ich wysięgu. Wysokość kąta Słońca h_a – rozumiana jako kąt padania promieni słonecznych w momencie górowania – zależy od pory roku (dnia w roku) oraz godziny w ciągu dnia. Jest uzależniona też od szerokości geograficznej analizowanego miejsca. Czas padania promieni słonecznych na elewację w ciągu dnia zależy także od usytuowania budynku względem stron świata [4, 5].

W artykule poddano analizie zacienienie ściany budynku spowodowane sąsiednią zabudową oraz pochodzące

od okapu. Uwzględniono wpływ pory roku i pory dnia oraz usytuowanie budynku względem stron świata. Podane wzory ogólne pozwalają na przeprowadzenie stosownej analizy dla każdej lokalizacji.

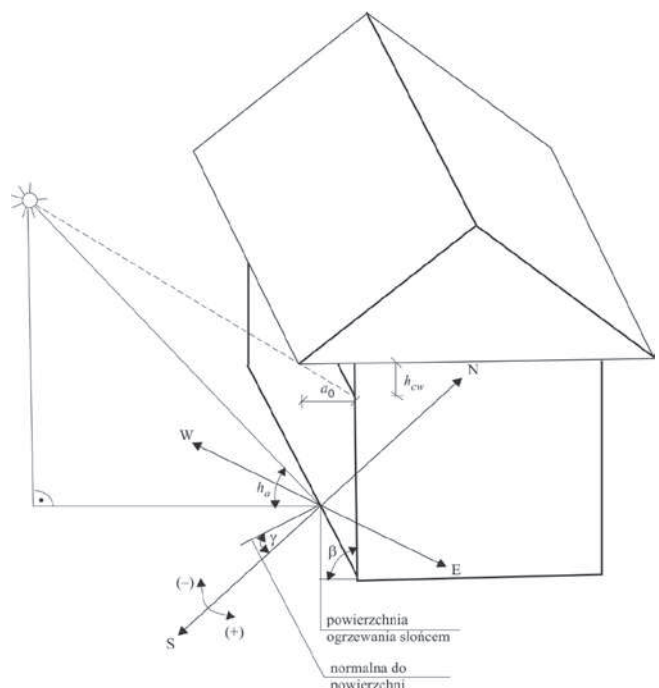
3. Wysokość kąta Słońca

Wysokość kąta Słońca h_a (rys. 1). zależy od szerokości geograficznej analizowanego punktu oraz od deklinacji d , to jest kątowej pozycji Słońca względem powierzchni równika. Deklinację można obliczyć z wzoru przybliżonego [6]:

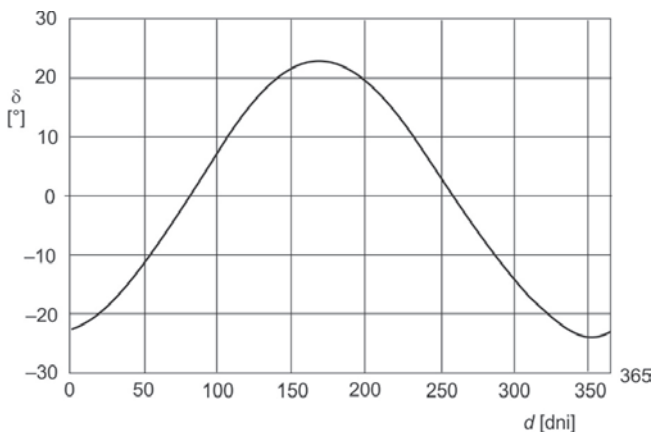
$$\delta = 23,45 \sin \left[360 \frac{284 + d}{365} \right] \quad (1)$$

gdzie d jest dniem w roku (liczba dni od początku roku, od 1.01).

Deklinacja δ zmienia się w ciągu roku, gdyż zmienia się położenie równika względem Słońca. Tym samym



Rys. 1. Określenie położenia wysokościowego Słońca względem rozpatrywanego budynku – oznaczenie parametrów kątowych



Rys. 2. Zmiany kąta deklinacji δ w ciągu roku

zmienia się też wartość wysokości kątowej Słońca h_a . Zmiany te pokazano na rysunkach 2 (deklinacja δ) i 3 (wysokość kątowa Słońca h_a). Wartość h_a pokazaną na tym rysunku obliczono ze wzoru:

$$h_a = 90^\circ - \varphi \pm \delta \quad (2)$$

gdzie φ jest szerokością geograficzną rozpatrywanego punktu (miejsca). Szerokość tę przyjmuje się jako dodatnią dla półkuli północnej i ujemną dla półkuli południowej.

Są w roku cztery charakterystyczne daty: 21 III, 22 VI, 23 IX, 22 XII. W marcu i wrześniu Słońce znajduje się nad równikiem ($\delta = 0$). Wówczas:

$$h_a = 90^\circ - \varphi \quad (3)$$

22 VI mamy $\delta = 23^\circ 27'$. Stąd:

$$h_a = 90^\circ - \varphi + 23^\circ 27' \quad (4)$$

natomiast 22 XII $\delta = -23^\circ 27'$. Wówczas:

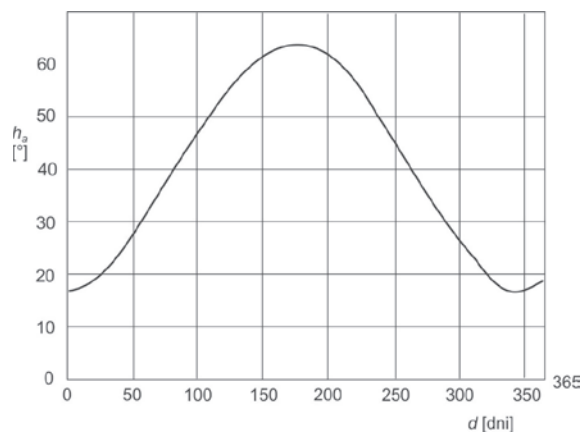
$$h_a = 90^\circ - \varphi - 23^\circ 27' \quad (5)$$

Wysokość kątowa Słońca h_a zmienia się też w ciągu dnia. Największa jest w południe, natomiast o wschodzie i zachodzie Słońca wynosi zero. Podane wzory są ważne w południe; w momencie dobowego górowania. Aby uwzględnić zmianę kąta h_a w ciągu dnia, należy wprowadzić współczynnik ρ_t . Można założyć w przybliżeniu, że zmiany te wystarczająco dobrze opisuje funkcja cosinus w postaci:

$$\rho_t = \cos(90 \cdot t / t_p) \quad (6)$$

gdzie:

t – rozpatrywany czas, dla którego określamy kątowe położenie wysokościowe słońca, liczony w godzinach, począwszy od południa; przed południem czas



Rys. 3. Zmiany wysokości kątowej Słońca h_a w ciągu roku

jest dodatni, a po południu ujemny (analogia do innego wzoru),

t_p – czas (liczba godzin) odpowiednio od wschodu Słońca do południa lub od południa do zachodu Słońca.

4. Wysokość cienia od okapu

Wysokość cienia h_{cw} pochodzącego od okapu o wysięgu α_o (por. rys. 1) w południe ($\omega = 0$) można obliczać na podstawie [6] ze wzoru:

$$h_{cw} = \alpha_o \frac{\operatorname{tg}(h_a)}{\sin(90^\circ + \gamma) \sin \beta - \cos \beta \operatorname{tg}(h_a)} \quad (7)$$

gdzie:

α_o – wysięg okapu względem elewacji,

h_a – wysokość kątowa Słońca,

β – kąt pomiędzy poziomem a rozpatrywaną powierzchnią ściany,

γ – azymut (kąt pomiędzy normalną do rozpatrywanej powierzchni a lokalnym południkiem; przyjmuje się zero w południe (S); od wschodu Słońca do południa (E) kąt ten jest przyjmowany jako dodatni, natomiast po południu (W) jest ujemny).

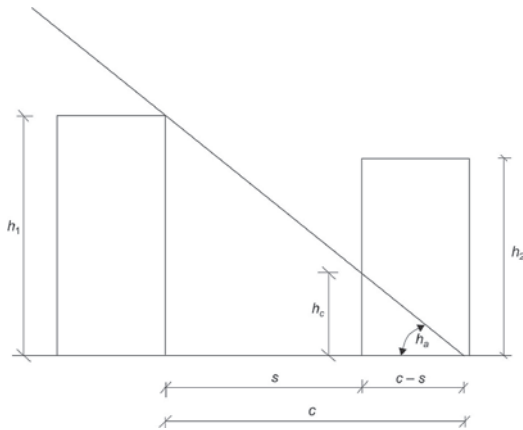
Przy $\beta = 90^\circ$ (ściana pionowa) wysokość cienia w południe będzie równa:

$$h_{cw} = \alpha_o \frac{\operatorname{tg}(h_a)}{\sin(90^\circ + \gamma)} \quad (8)$$

Aby uwzględnić zmianę w czasie kątowego położenia wysokościowego Słońca w ciągu dnia, należy wprowadzić poprawkę i przybliżyć rzeczywiste kątowe położenie wysokościowe przy wykorzystaniu funkcji $\rho_t = \cos(90 \cdot t / t_p)$. Ostatecznie otrzymamy następujący wzór:

$$h_{cw} = \alpha_o \frac{\operatorname{tg}(h_a) \cdot \cos(90 \cdot t / t_p)}{\sin(90^\circ + \gamma)} \quad (9)$$

Jeżeli przyjmiemy:



Rys. 4. Oznaczenia do określenia wysokości zacienienia ściany h_c od sąsiedniego budynku

$$\kappa_{cw} = \frac{h_{cw}}{a_o} \quad (10)$$

to otrzymamy:

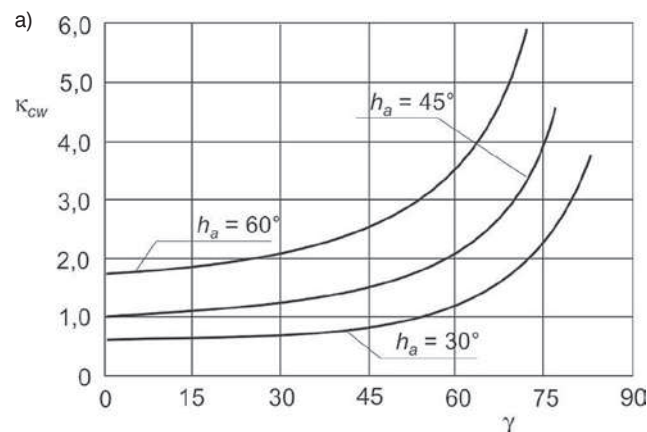
$$\kappa_{cw} = \frac{\tan(h_a) \cdot \cos(90 \cdot t/t_p)}{\sin(90^\circ + \gamma)} \quad (11)$$

5. Wysokość cienia od sąsiednich budynków

Wysokość cienia h_c na rozpatrywanej ścianie od sąsiadujących budynków, na przykład znajdujących się po przeciwnej stronie ulicy, można określić wykorzystując zależności geometryczne pokazane na rysunku 4. Jeżeli oznaczymy:

h_1 – wysokość budynku zasłaniającego,
 s – odległość między budynkami (szerokość ulicy),
 c – długość cienia,
 to otrzymamy:

$$h_1/c = \text{tg}(h_a) \quad (12)$$



Stąd:
 $c = h_1 / \text{tg}(h_a) \quad (13)$

Wysokość cienia h_c wynosi:

$$h_c = (c - s) \cdot \text{tg}(h_a) \quad (14)$$

Wzór ten jest ważny, gdy $c > s$. Jeżeli $c \leq s$, to rozpatrywana ściana nie jest zacieniana przez sąsiadującą zabudowę. Po dodatkowych przekształceniach otrzymamy:

$$h_c = h_1 - s \cdot \text{tg}(h_a) \quad (15)$$

Jeżeli oznaczymy:

$$h_c/s = \kappa_c \quad (16)$$

oraz

$$h_1/s = \kappa_1 \quad (17)$$

to otrzymamy:

$$\kappa_c = \kappa_1 - \text{tg}(h_a) \quad (18)$$

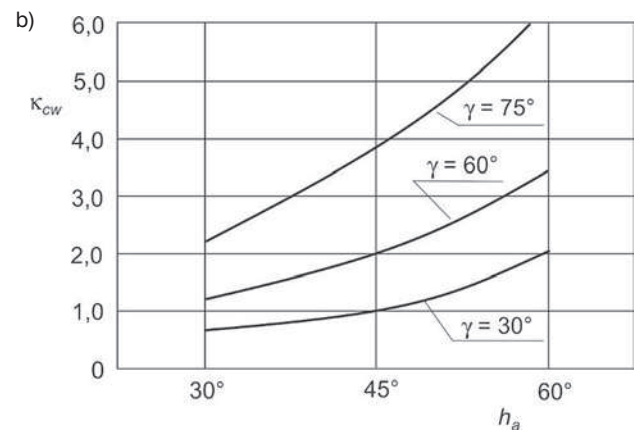
Jeżeli dodatkowo uwzględnimy zmiany dzienne kąta h_a , to otrzymamy:

$$\kappa_c = \kappa_1 - \text{tg}(h_a) \cdot \cos(90 \cdot t/t_p) \quad (19)$$

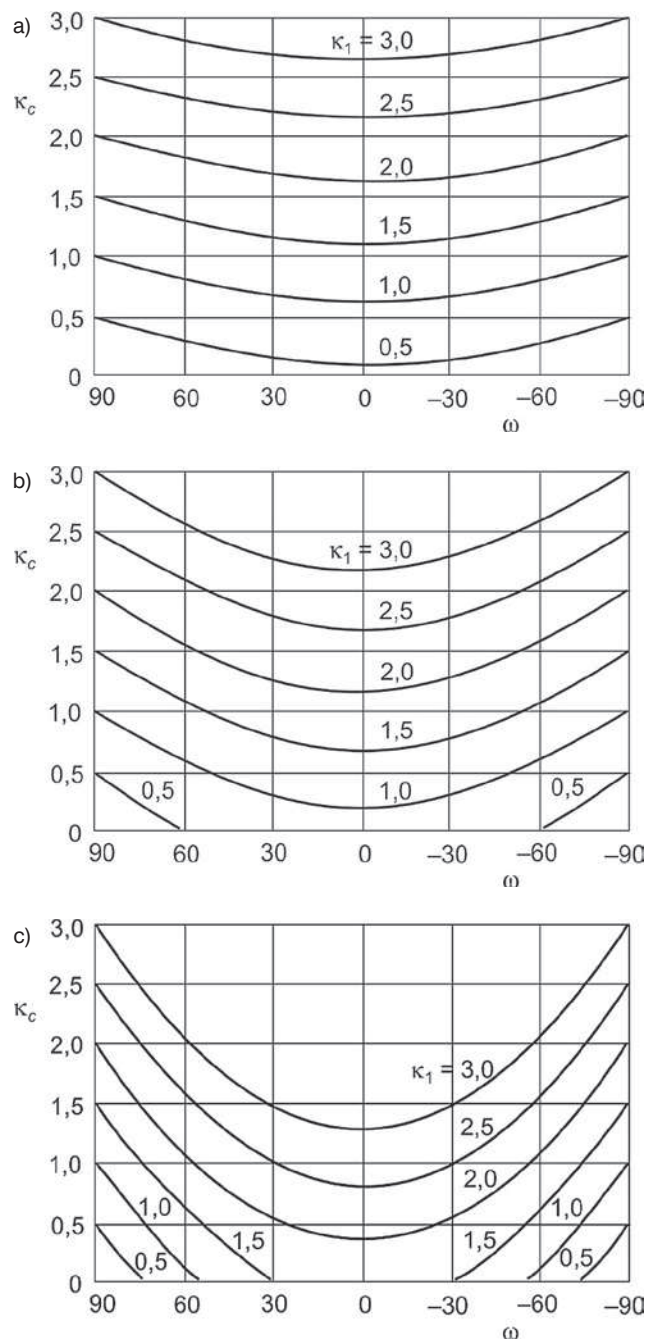
Zapis tego wzoru jest wygodny, gdyż opisuje rozpatrywane zjawisko w wartościach bezwzględnych.

6. Analiza podanych rozwiązań

Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono na rysunkach 2–6. Rysunki 2 i 3 dotyczą kąta deklinacji δ oraz wysokości kątowej Słońca h_a . Wartości tych kątów



Rys. 5. Wyniki analizy wysokości zacienienia ściany h_{cw} od okapu: a – w zależności od położenia budynku w stosunku stron świata (kąt γ) dla różnych wartości wysokości kątowej Słońca h_a , b – w zależności od wysokości kątowej Słońca h_a dla różnych ustawień budynku względem stron świata (γ)



Rys. 6. Wyniki analizy wysokości zacienienia ściany h_c w zależności od wysokości sąsiedniego budynku h_1 i odległości między budynkami s dla wysokości kątowej Słońca h_a : a – 20° , b – 40° , c – 60°

zmieniają się w ciągu roku. Stanowią one podstawę do przeprowadzenia dalszych analiz związanych z wysokością zacienienia ściany od wystającego okapu i sąsiadującej zabudowy. Wpływ zacienienia od balkonu można określać tak jak od wystającego okapu. Na rysunku 4 pokazano wielkości geometryczne związane z zacienieniem ściany od sąsiadującej zabudowy. Wpływ usytuowania budynku względem stron świata oraz wysokości kątowej Słońca pokazano na rysunku 5. Wykresy sporządzono dla $\omega = 0$ i tym samym $t/t_p = 0$

(chwila górowania Słońca w danym dniu). Na podstawie zaprezentowanych wyników analizy można stwierdzić istotny wpływ obydwóch analizowanych parametrów. Istotnym spostrzeżeniem jest również to, że w momencie górowania Słońca wysokość zacienienia jest znacznie większa od wysięgu okapu.

Rysunek 6 obrazuje wpływ sąsiadującej zabudowy na wysokość zacienienia ściany budynku. Uzależniono ją od wysokości kątowej Słońca, stosunku wysokości budynku zacinającego do odległości między budynkami oraz pory dnia. Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że wszystkie rozpatrywane parametry mają istotny wpływ na wysokość zacienienia.

7. Podsumowanie

W artykule przeprowadzono analizę zacienienia ścian budynków spowodowanego sąsiadującą zabudową i okapami. Zagadnienie to jest związane z dużym znaczeniem bezpośredniego oddziaływania promieniowania słonecznego na budynek oraz z proekologicznym projektowaniem urbanistycznym.

Podano własne wzory końcowe na wysokość zacienienia ściany od sąsiadującej zabudowy h_c oraz od okapu h_{cw} . We wzorach tych analizowane wysokości uwzględniono wpływ pory roku i pory dnia oraz usytuowanie budynku względem stron świata. Podane wzory ogólne pozwalają na przeprowadzenie stosownej analizy dla każdej lokalizacji.

Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że wysokość zacienienia zależy od pory roku i pory dnia oraz od wysięgu okapu, a także od relacji wysokości zacinającego budynku do odległości między budynkami. W momencie górowania Słońca wysokość zacienienia jest znacznie większa od wysięgu okapu niż od sąsiadującej zabudowy. Odwrotnie jest w godzinach rannych i wieczornych. Od rana do południa zacienienie od sąsiadującej zabudowy maleje, a od okapu jest coraz większe; po południu jest odwrotnie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kobyłarczyk J., Ocena jakości środowiska zamieszkania w wybranych miastach województwa podkarpackiego po okresie „transformacji” w pierwszej dekadzie XXI wieku, Politechnika Krakowska, Kraków 2013
- [2] Zielonko-Jung K., Kształtowanie przestrzenne architektury ekologicznej w strukturze miasta, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2013
- [3] Ryńska E., Bioklimatyka a forma architektoniczna, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001
- [4] Sharples S., Mohammadpourkarbasi H., The Performance of eco-refurbished housing under current and future UK climates, w: CESB 13, Central Europe Towards Sustainable Building 2013. Sustainable building and refurbishment for next generations, Czech Technical University in Prague, Praga 2013
- [5] Zielonko-Jung K., Marchwiński M., Łączenie zaawansowanych i tradycyjnych technologii w architekturze proekologicznej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012
- [6] Zobel H., Naturalne zjawiska termiczne w mostach, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2003