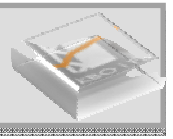
Politechnika Śląska
Wydział Budownictwa
Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli

WPŁYW STEROWANYCH OSŁON PRZECIWSŁONECZNYCH NA KOMFORT W BUDYNKU

Beata WILK-SŁOMKA
Janusz BELOK

WARSZAWA, 9 ÷ 10 kwiecień 2019

WPROWADZENIE

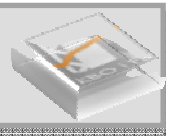


Tendencja do maksymalizacji wykorzystania energii promieniowania słonecznego poprzez zwiększenie udziału powierzchni elementów przezroczystych w obudowie budynku.

Okresowe przegrzewanie pomieszczeń, niekorzystne warunki oświetleniowe (olśnienie).

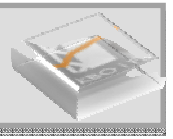
Modyfikacje ograniczające zyski ciepła mogące jednocześnie prowadzić do niekorzystnego rozkładu natężenia oświetlenia naturalnego w pomieszczeniu.

CEL ANALIZ



Określenie wpływu sterowania systemem zysków słonecznych na komfort termiczny oraz oświetlenia światłem naturalnym przy jednoczesnej optymalizacji zużycia energii chłodniczej i elektrycznej

PRZEDMIOT ANALIZ

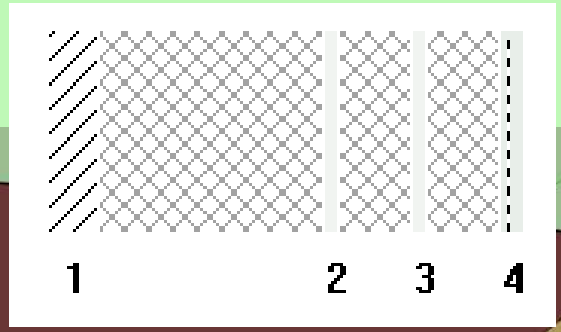


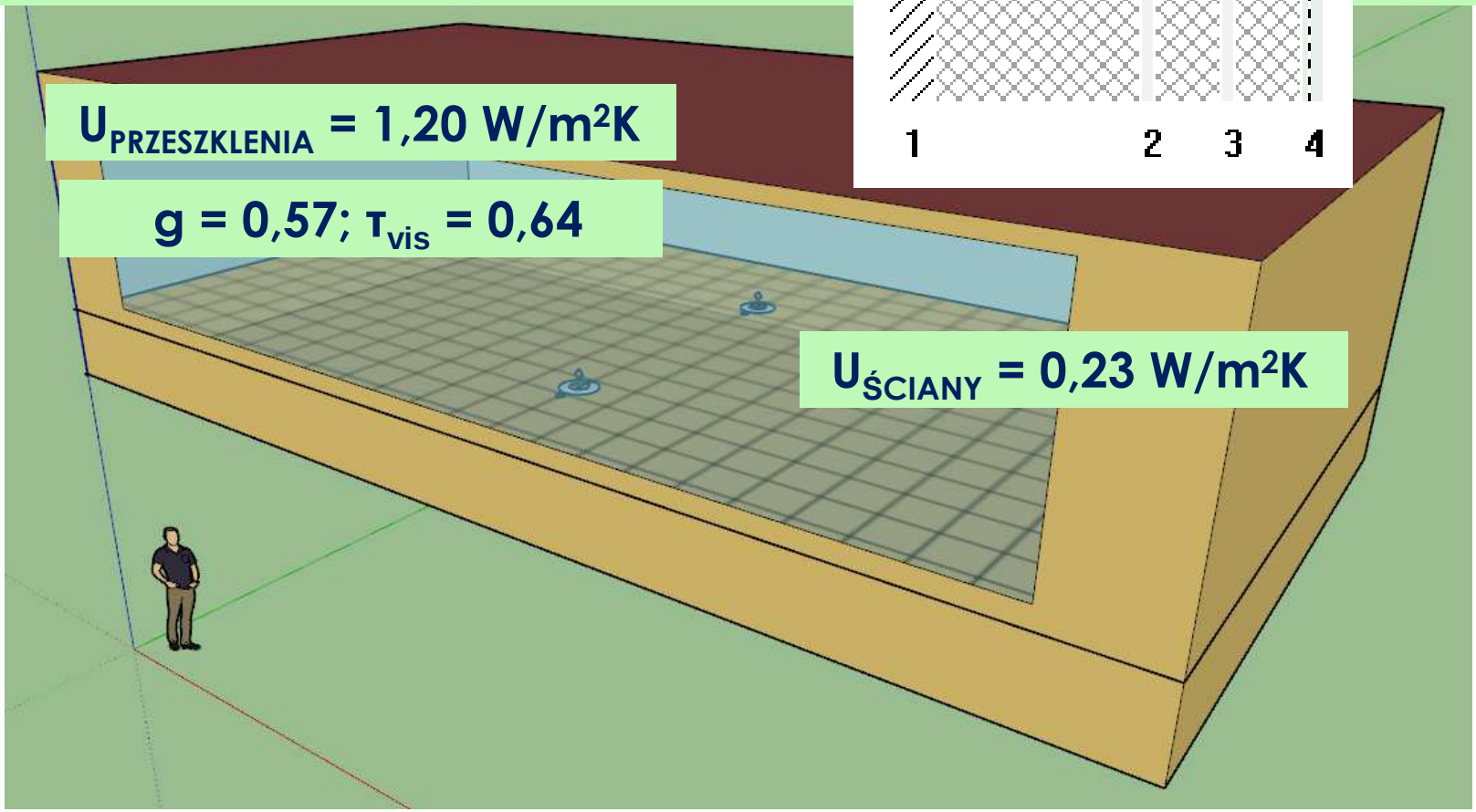
- rodzaj pomieszczenia:
sala konferencyjno-szkoleniowa,
- wysokość pomieszczenia: **I piętro,**
- wymiary pomieszczenia: **12,5 · 6,5 · 3,5 m**,
podzielone względem szerokości na dwie jednakowe strefy,
- wymiary fasady: 12,5 · 3,5 m, o powierzchni całkowitej oszklenia **F = 24,78 m²**,
- zyski ciepła od wyposażenia elektrycznego **4 W/m²**,
- zyski ciepła od ludzi **0,5 W/m²**,
- moc oświetlenia **10 W/m²**,
- krotność wymian powietrza w pomieszczeniu **n = 4/h,**
- liczba osób: **p = 40**.

MODEL ANALIZ

1 – żaluzja, **2, 3** – szkło zwykłe, **4** – szkło z powłoką niskoemisyjną, Argon

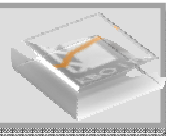
(6-16-6-16-6)





Rys. Model pomieszczenia wykonany w programie OpenStudio

ZAŁOŻENIA ANALIZ



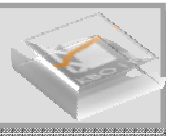
Tab. 1. Charakterystyka sposobu eksploatacji dla systemu chłodzącego

System instalacyjny		Dni tygodnia / pora roku	
		Lato - chłodzenie	
		poniedziałek – sobota	niedziela / wakacje
godzina	$8^{oo} \div 18^{oo}$	24°C	26°C
	$18^{oo} \div 8^{oo}$	26°C	26°C

Żaluzje poziome umieszczone na zewnątrz, w postaci cienkich lameli aluminiowych o szerokości listwy **25 mm** oraz grubości listwy **1 mm.**

Kąt nachylenia żaluzji w stanie zamkniętym wynosi **45°**.

ZAŁOŻENIA ANALIZ

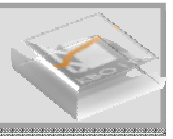


STEROWANIE:
Oświetlenie

- pomiar natężenia światła dziennego na poziomie blatów roboczych $\mathbf{h_{BL} = 0{,}8\ m}$,
- wartość progowa natężenia oświetlenia **500 lx** [7],
- podział pomieszczenia na **2 strefy** oświetleniowe,
- czujniki zlokalizowane w **½ szerokości** każdej strefy,

Żaluzje
- wartość natężenia promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię okna
- wartość progowa **100 W/m² ÷ 400 W/m² (WARIANTOWO)**

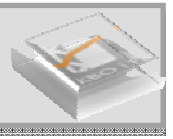
WARIANTY ANALIZ



Tab. 2. Warianty dla systemu sterowania żaluzjami

Strefa okna	Wartości progowe dla natężenia promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię okna [W/m²]						
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7
GÓRNA	400	300	200	100	100	100	100
DOLNA	100	100	100	100	200	300	400

PROCEDURA BADAWCZA



Badania numeryczne z wykorzystaniem programów **Open Studio** oraz **Radiance**.

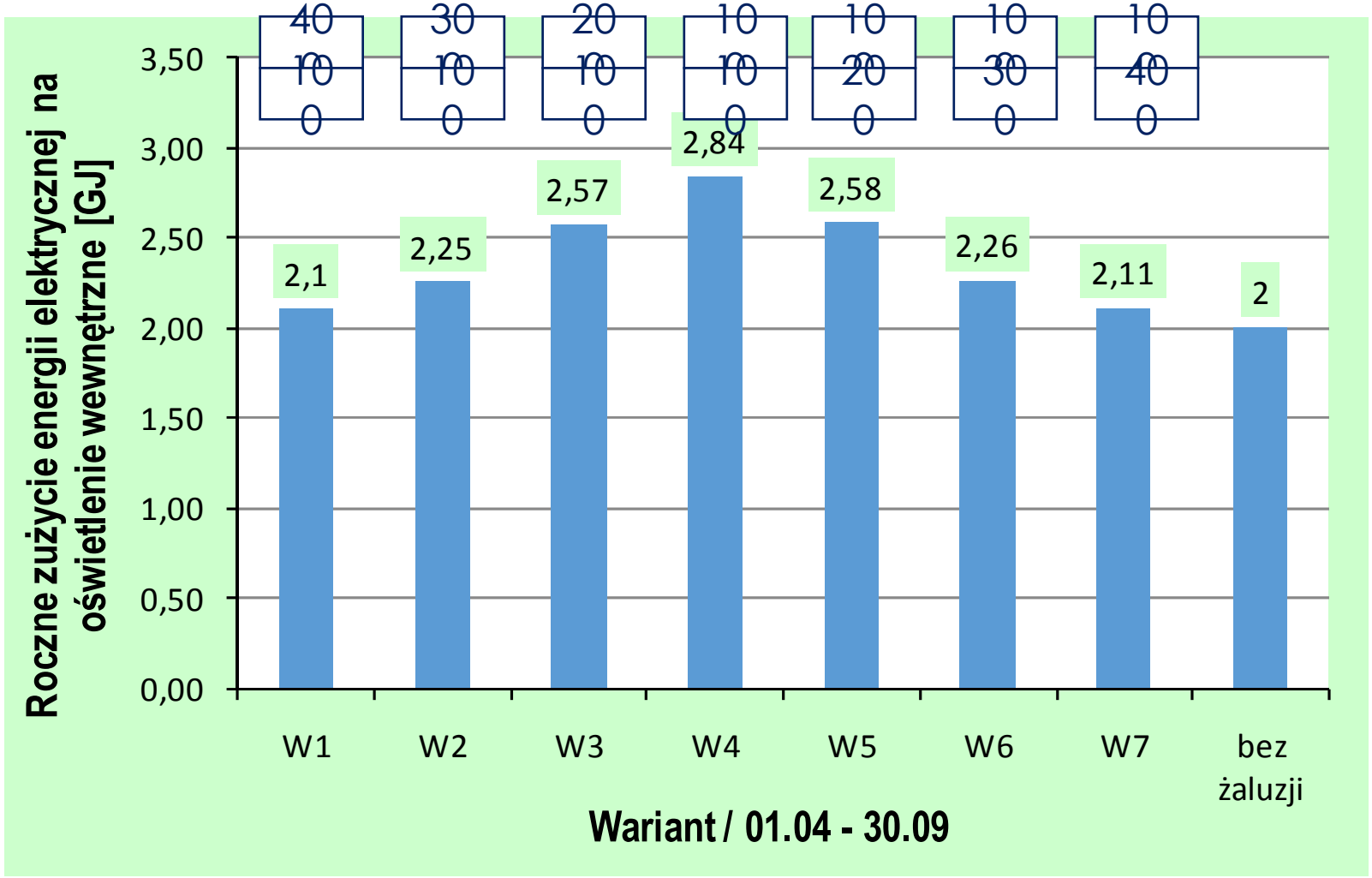
Obliczenia prowadzone są z **10-minutowym** krokiem czasowym na bazie rzeczywistych danych klimatycznych (Katowice).

Właściwości optyczne oszklenia niezbędne do zadeklarowania w programie symulacyjnym zostały zweryfikowane w programie **Window** .

Dni charakterystyczne: chłodzenie **21.07**, zapewnienie minimalnego czasu oświetlenia w dniach równonocy wiosennej oraz jesiennej (**20.03** oraz **23.09** w 2018 r.)

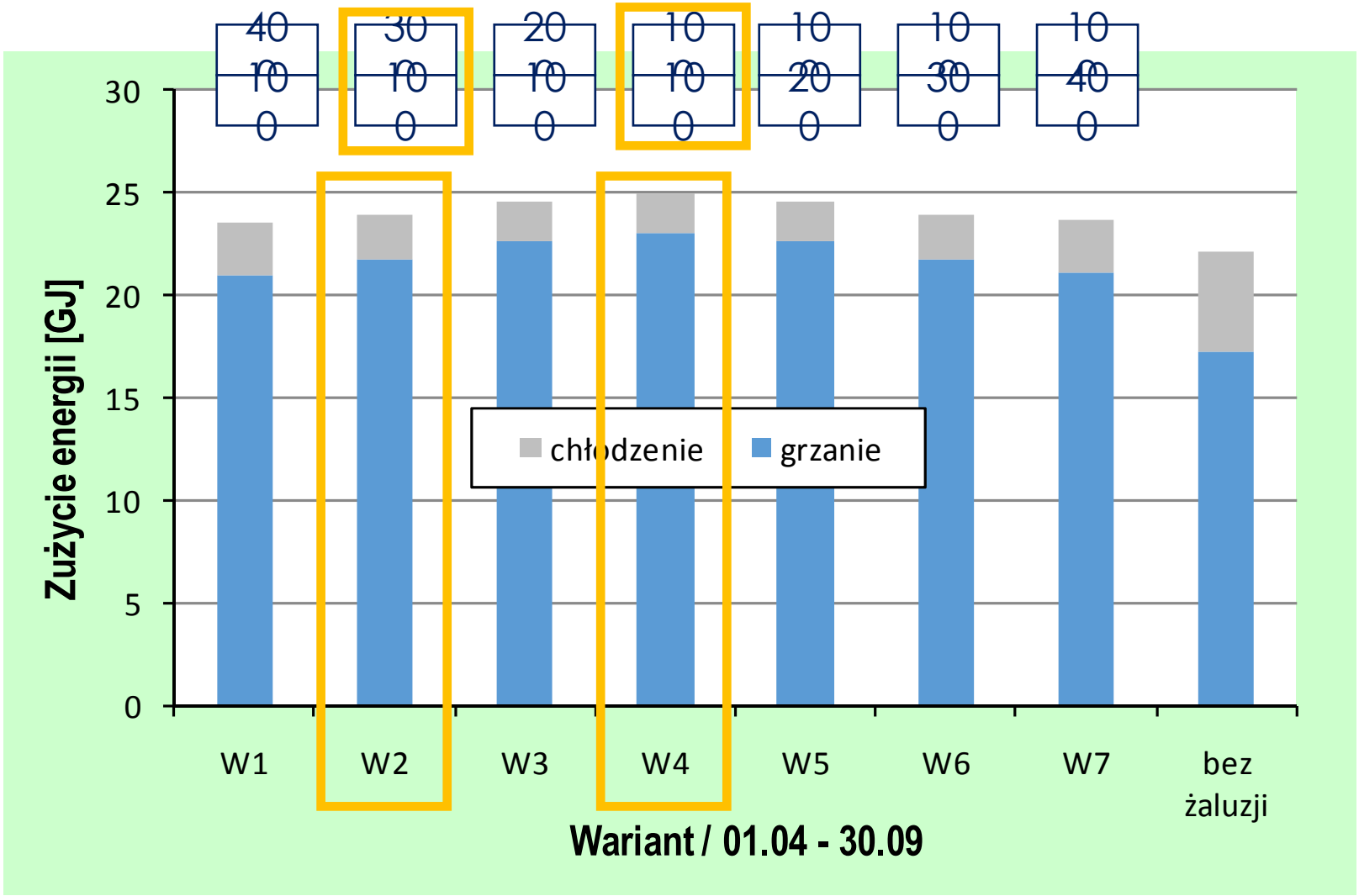
Sezon chłodniczy **01.04 ÷ 30.09**

WYBRANE WYNIKI ANALIZ



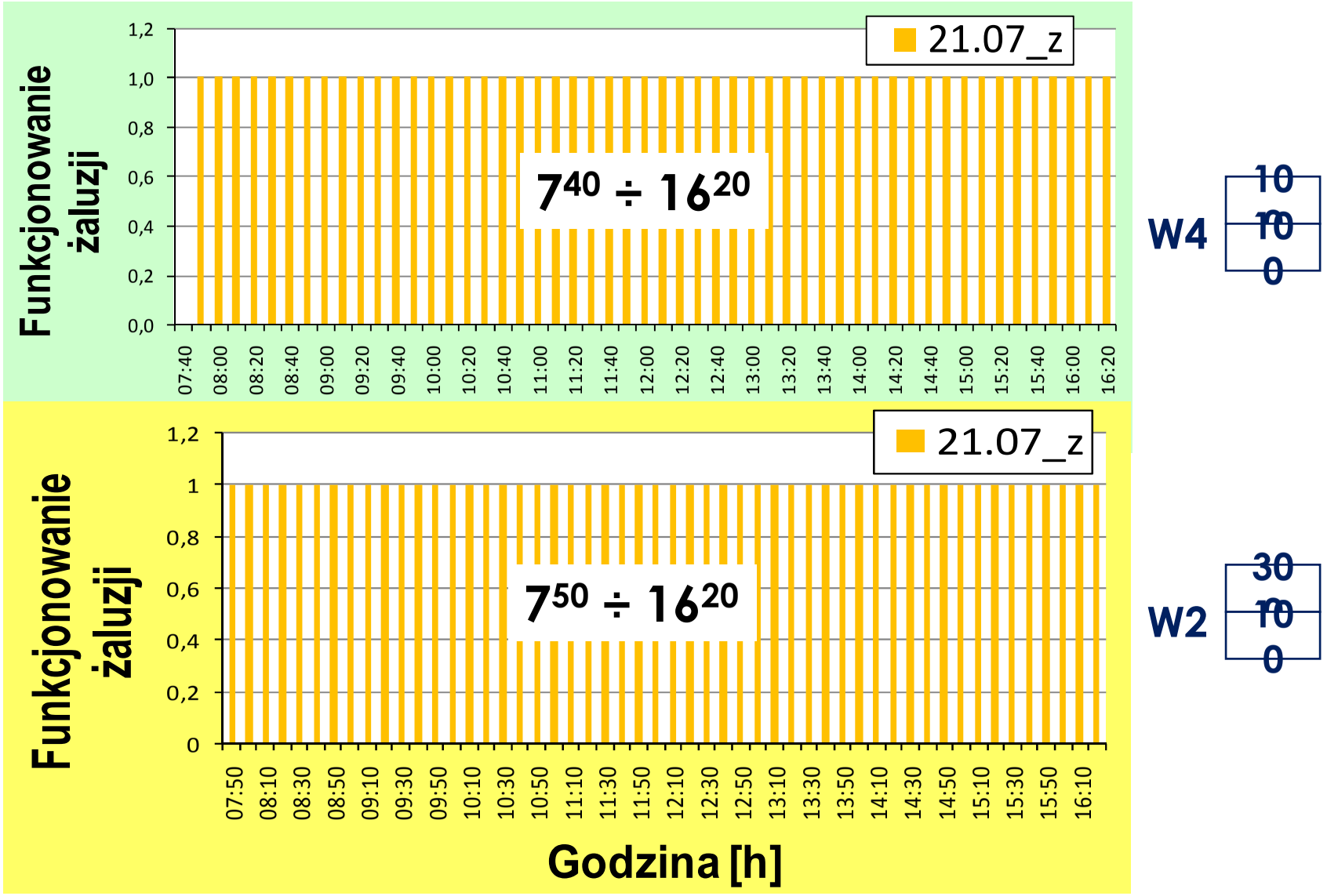
Rys. Zużycie energii elektrycznej na oświetlenie w pomieszczeniu dla poszczególnych wariantów dla sezonu chłodniczego

WYBRANE WYNIKI ANALIZ



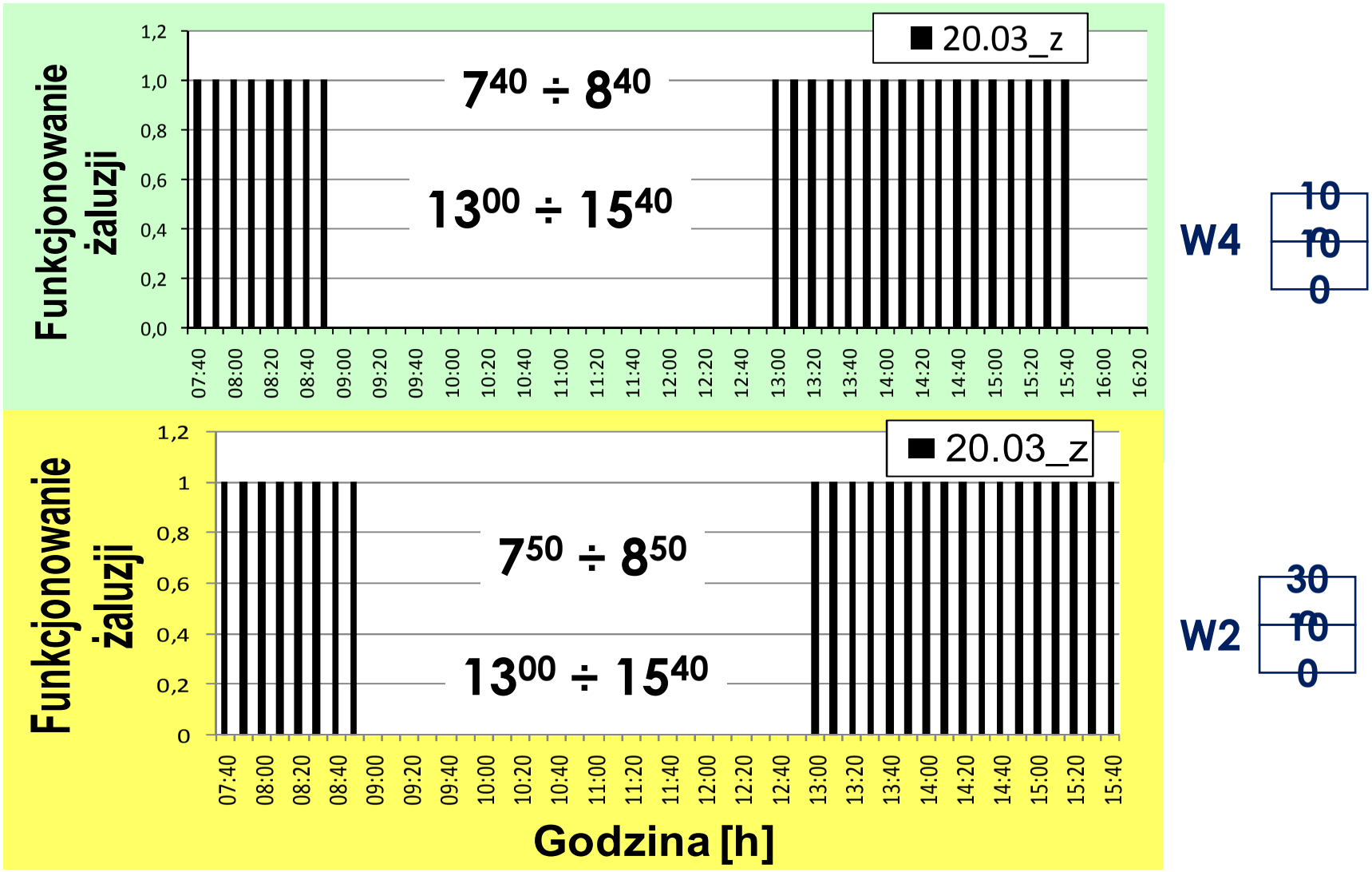
Rys. Zużycie energii na grzanie i chłodzenie w pomieszczeniu dla poszczególnych wariantów dla sezonu chłodniczego

WYBRANE WYNIKI ANALIZ



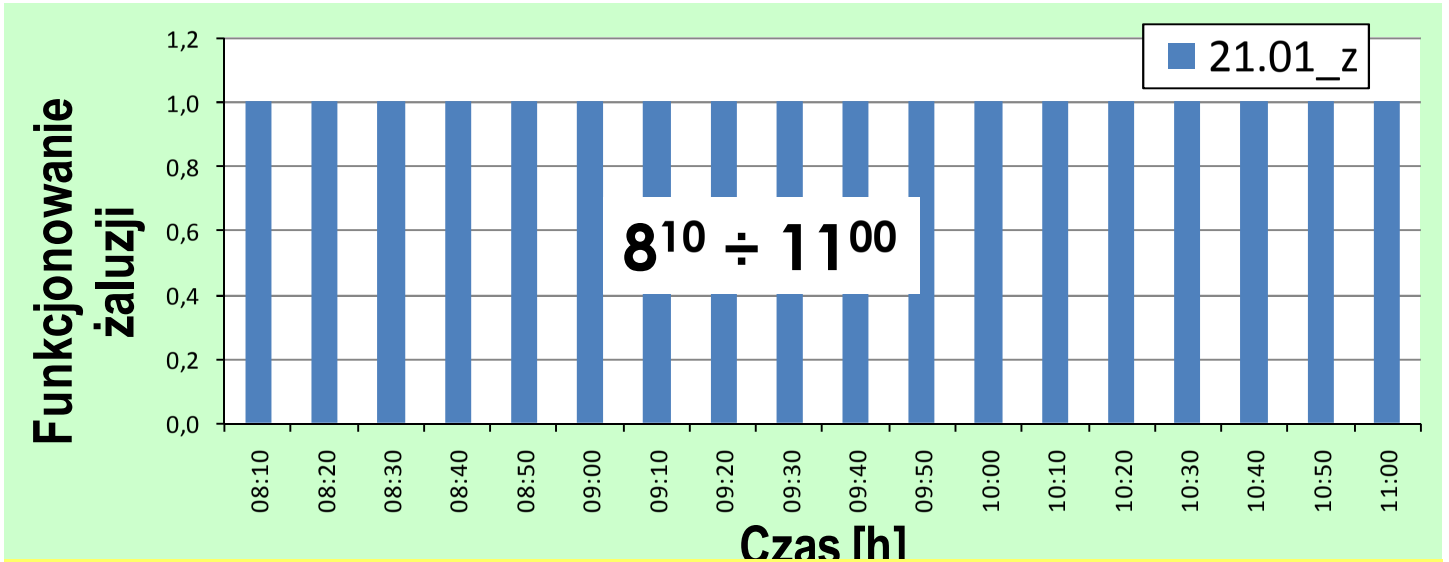
Rys. Przykładowe funkcjonowanie systemu sterowania żaluzjami

WYBRANE WYNIKI ANALIZ

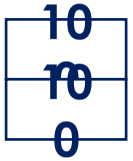


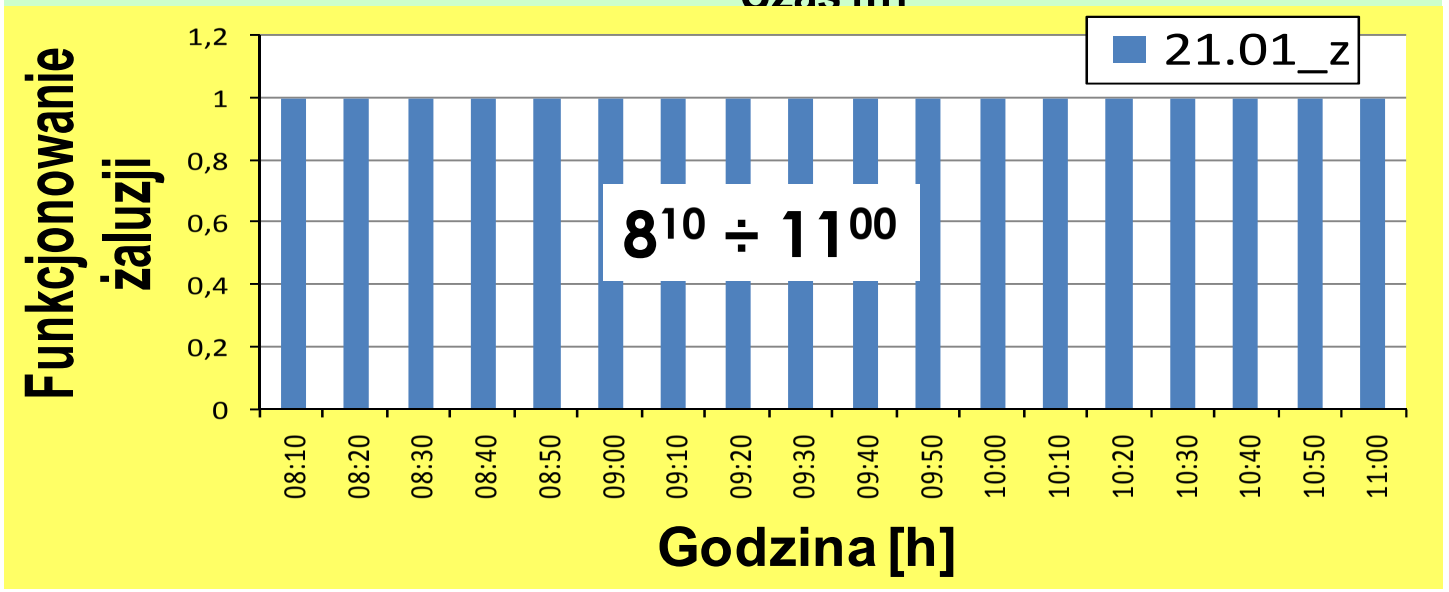
Rys. Przykładowe funkcjonowanie systemu sterowania żaluzjami

WYBRANE WYNIKI ANALIZ

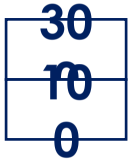


W4



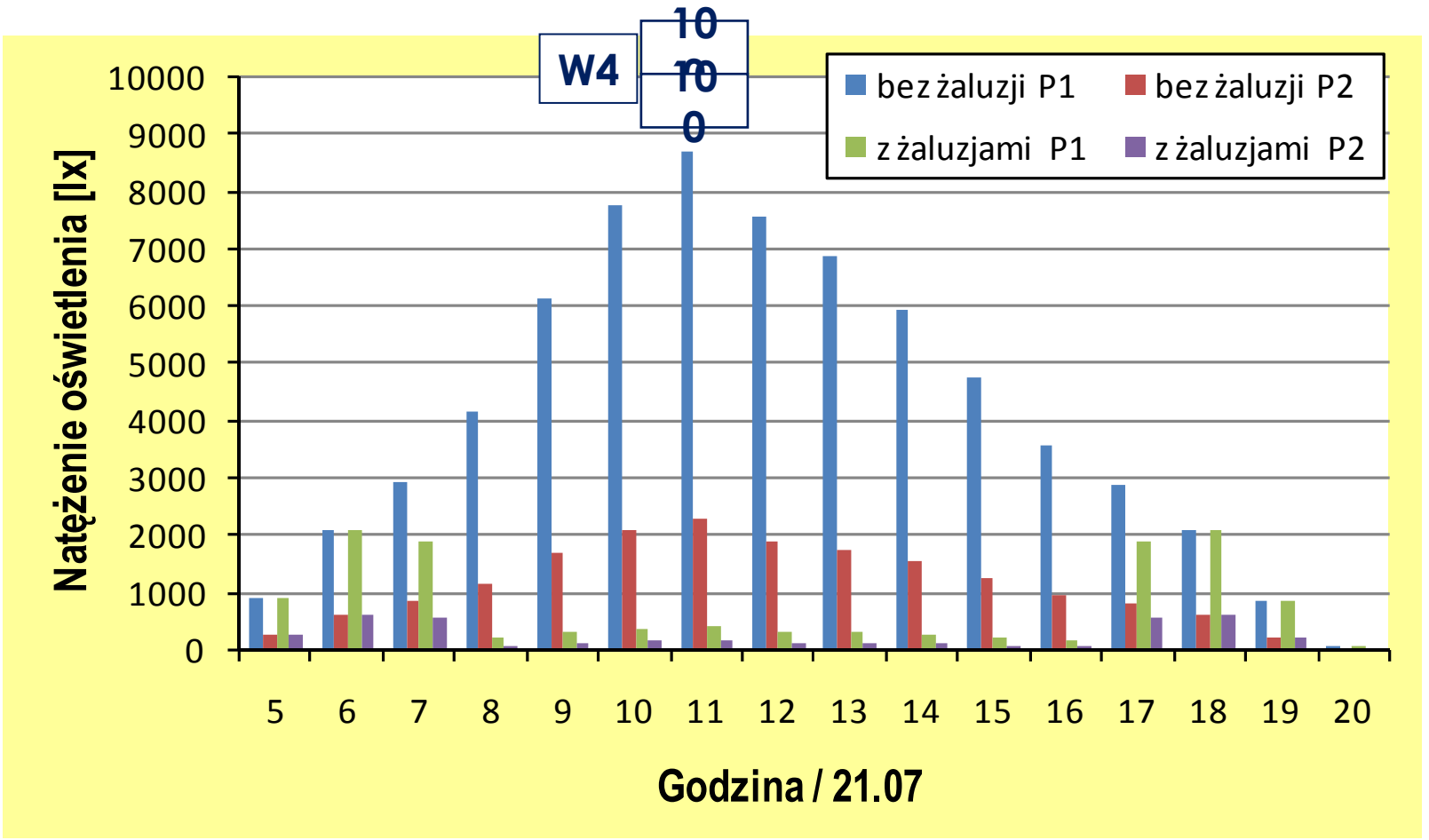


W2



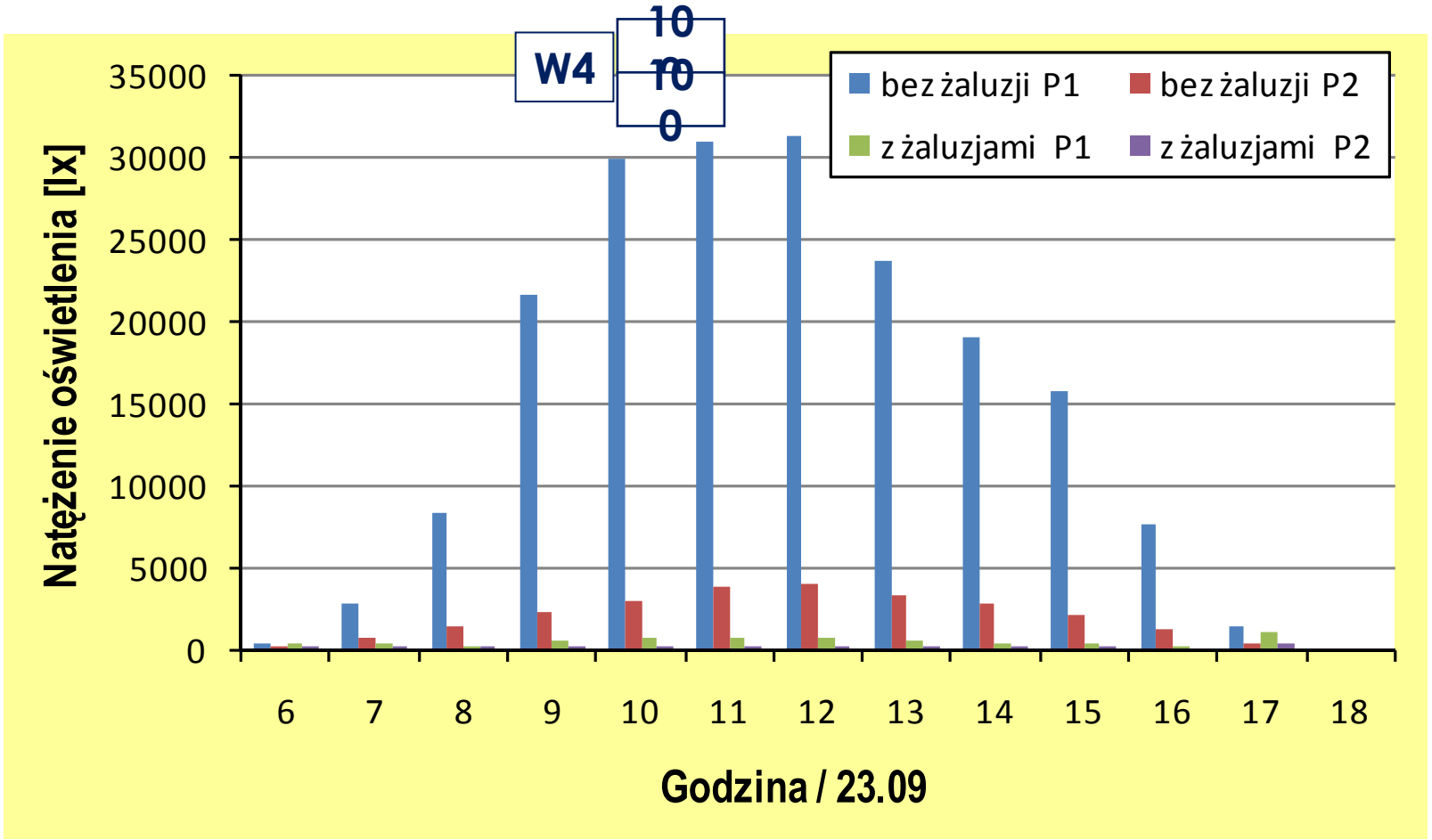
Rys. Przykładowe funkcjonowanie systemu sterowania żaluzjami

WYBRANE WYNIKI ANALIZ



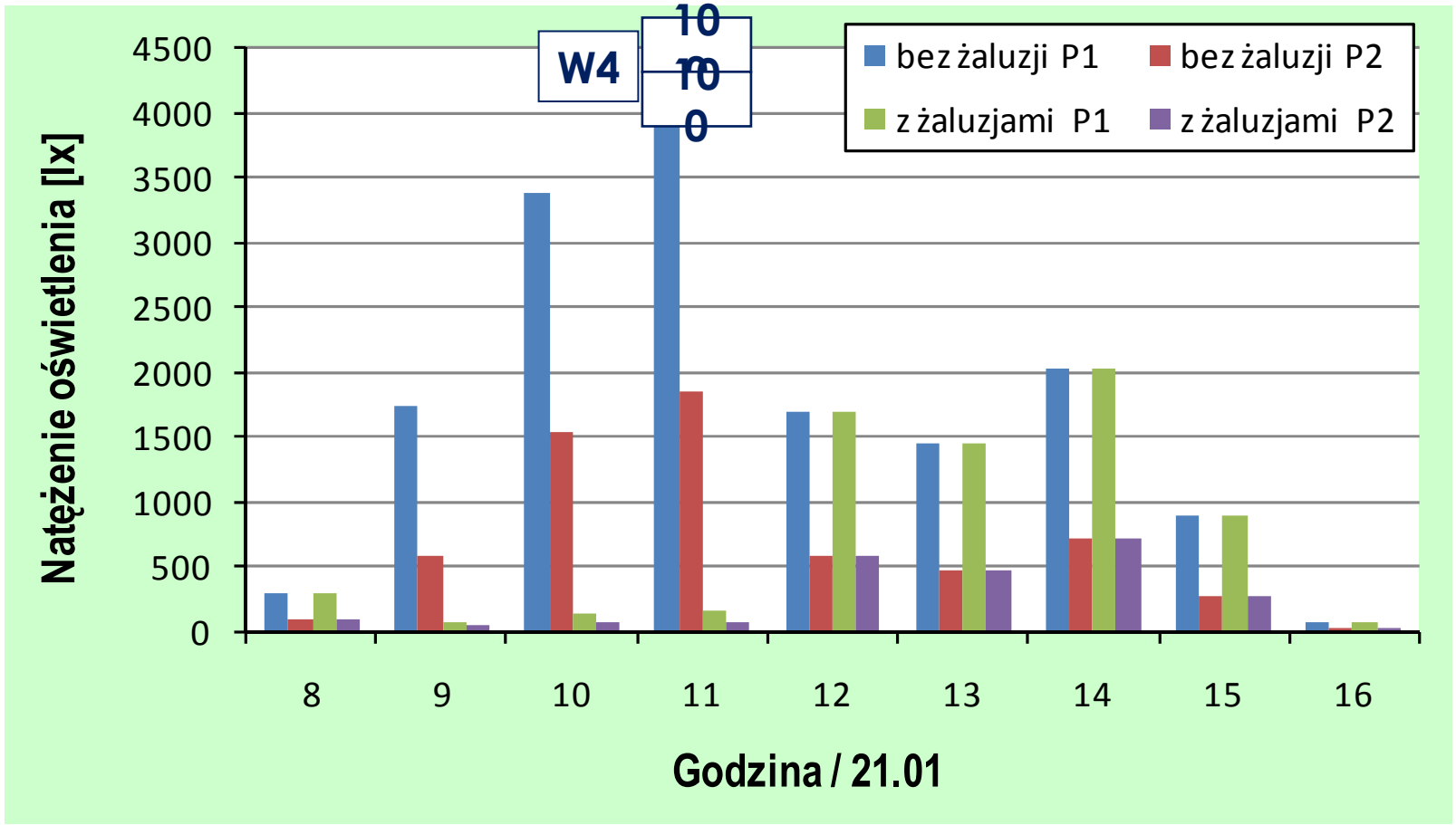
Rys. Wartości natężenia oświetlenia w punktach pomiarowych P1, P2 w pomieszczeniu w dniu 21.07 dla wariantów **W4** oraz **W8**

WYBRANE WYNIKI ANALIZ



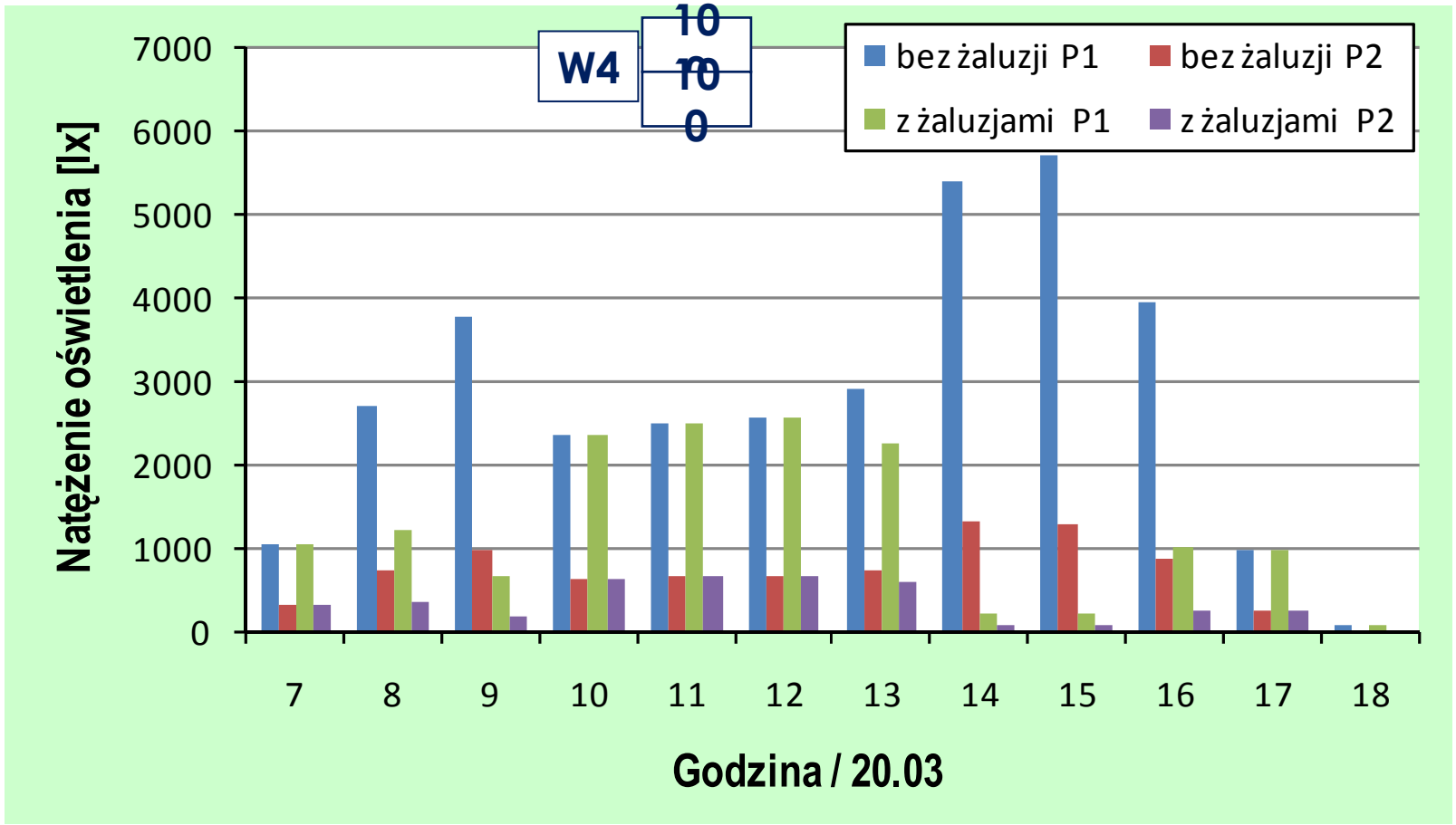
Rys. Wartości natężenia oświetlenia w punktach pomiarowych P1, P2 w pomieszczeniu w dniu 23.09 dla wariantów **W4** oraz **W8**

WYBRANE WYNIKI ANALIZ



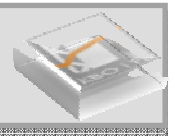
Rys. Wartości natężenia oświetlenia w punktach pomiarowych P1, P2 w pomieszczeniu w dniu 21.01 dla wariantów **W4** oraz **W8**

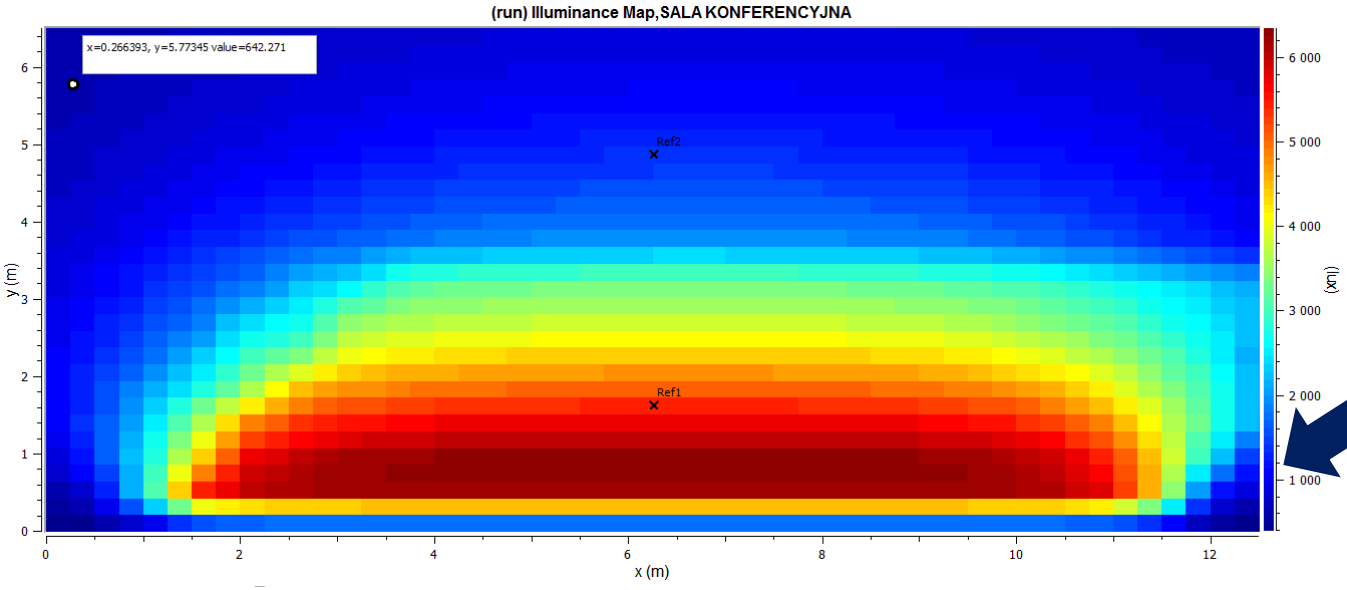
WYBRANE WYNIKI ANALIZ



Rys. Wartości natężenia oświetlenia w punktach pomiarowych P1, P2 w pomieszczeniu w dniu 20.03 dla wariantów **W4** oraz **W8**

WYBRANE WYNIKI ANALIZ

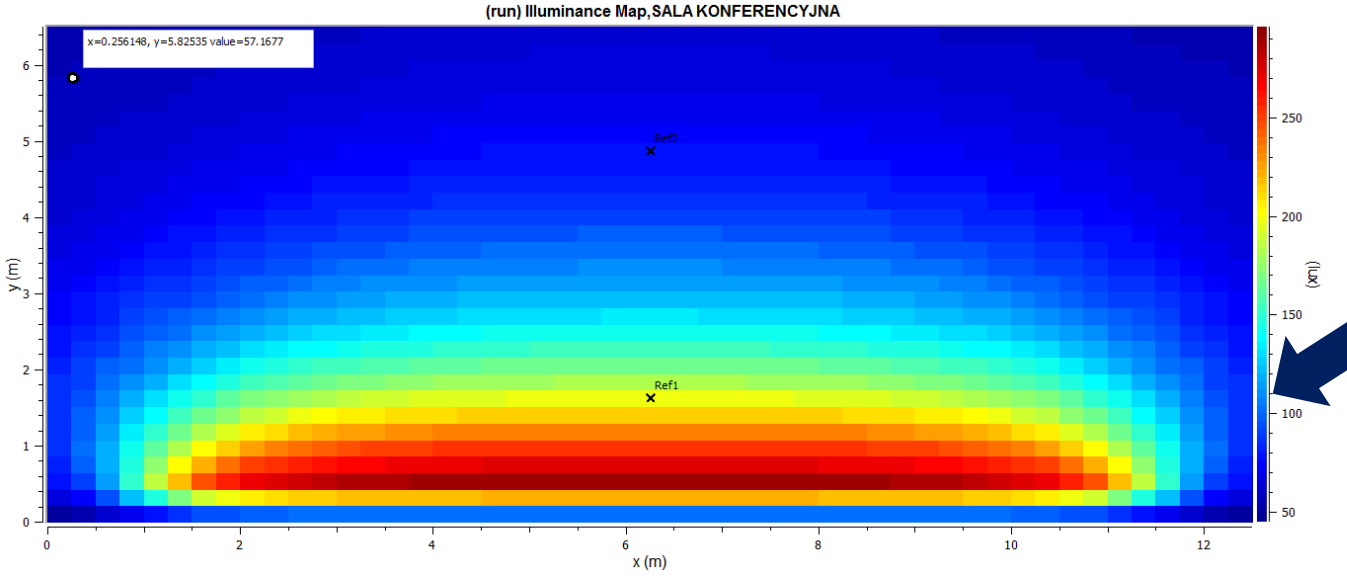




bez żaluzji

1000 lx

Rys. Rozkład natężenia oświetlenia w dniu **20.03.** godz. **14oo**

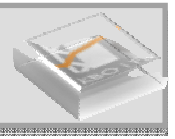


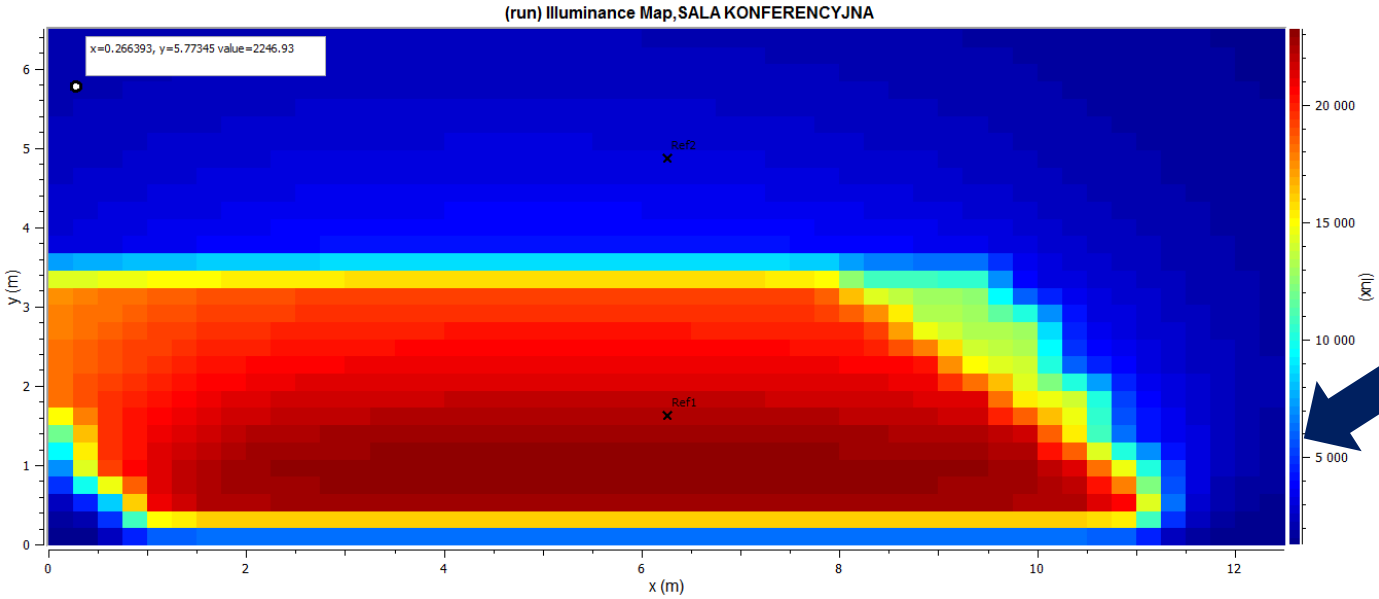
100 lx

z żaluzjami - W4

~~10~~
~~10~~
~~0~~

WYBRANE WYNIKI ANALIZ

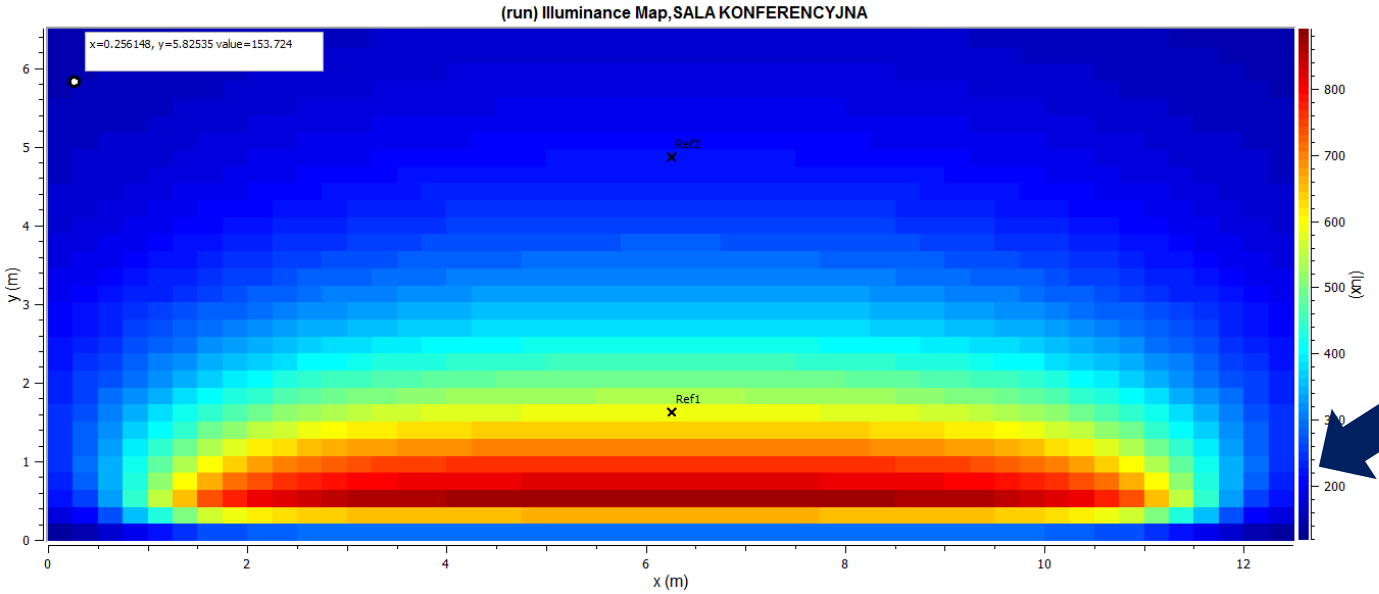




bez żaluzji

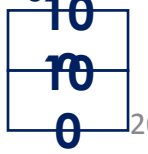
5000 lx

Rys. Rozkład natężenia oświetlenia w dniu **23.09.** godz. **10oo**

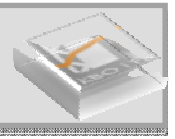


200 lx

z żaluzjami – W4



KOMFORT CIEPLNY



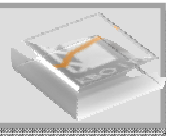
Człowiek odczuwa, że jego organizm znajduje się w stanie zrównoważonego bilansu cieplnego (ilość ciepła wytwarzanego w procesie metabolizmu równa ilości ciepła traconego do otoczenia)

Odczuwanie indywidualne i subiektywne

Zakres temperatury powietrza wewnętrznego jest bardzo zróżnicowany

zima: $t_i = 20 \div 23^oC$

lato: $t_i = 24 \div 28^oC$



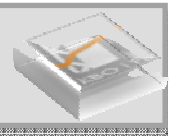
Ocena komfortu cieplnego – **wskaźnik PMV**

PMV: 3 grypy zmiennych parametrów
rodzaj odzieży, wydatek energetyczny człowieka,
parametry otoczenia (temperatura, prędkość,
wilgotność względna powietrza, średnia
temperatura promieniowania otaczających
powierzchni)

Skala 7 lub 9 stopniowa: +4, +3, +2, +1, 0 -1, -2, -3, -4

PMV = 0

ZAŁOŻENIA ANALIZ



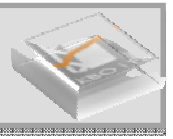
oporność cieplna odzieży:

lato: clo = **0,7** spodnie, koszula z krótkim rękawem, marynarka, bielizna

aktywność fizyczna:
Praca biurowa, pozycja siedząca
met = 70 W/osobę

prędkość przepływu powietrza, $\mathbf{w_{AIR} = 0,2\ m/s}$;

PROCEDURA BADAWCZA



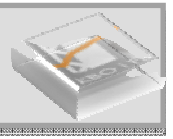
Badania numeryczne z wykorzystaniem programów EnergyPlus oraz OpenStudio.

Obliczenia prowadzone są z godzinowym krokiem czasowym na bazie rzeczywistych danych klimatycznych.

$$M = L \qquad (1)$$

gdzie:
M – ilość ciepła w wyniku metabolizmu (ciepło metaboliczne), W/m^2;
L – straty ciepła z organizmu, W/m^2

PROCEDURA BADAWCZA

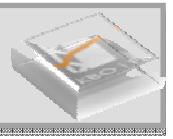


$$L = Q_{res} + Q_{dry} + E_{sk} + W \tag{2}$$

$$H = M - W \tag{3}$$

$$PMV = (0{,}303e^{-0{,}036M} + 0{,}028) \cdot (H - L) \tag{4}$$

gdzie:
L – straty ciepła z organizmu, W/m^2
Qres – straty ciepła podczas oddychania, W/m^2
Qdry – ciepło jawne tracone przez skórę, W/m^2
Esk – strata ciepła na drodze parowania przez skórę, W/m^2
W – straty ciepła podczas wykonywania pracy, W/m^2
M – ciepło metaboliczne, W/m^2
H – wewnętrzna produkcja ciepła, W/m^2



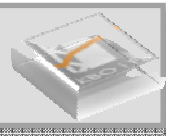
Wartości PMV (-4, …, +4) – skala dla badań ankietowych

Tab. 3. Skala ocen wskaźnika PMV

+4 bardzo gorąco **+ 3 gorąco** **+ 2 ciepło** **+ 1 dość ciepło**	**0 obojętnie**	**- 1 dość chłodno** **- 2 chłodno** **- 3 zimno** **- 4 bardzo zimno**

Obliczenia w EnergyPlus prowadzone są w skali ciągłej

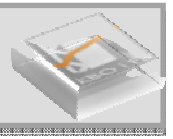
WYBARNE WYNIKI ANALIZ



Tab. 4. Wartości wskaźnika PMV dla wybranych wariantów

PMV / Wariant	W2	W4	W8
data / zakres	300	100	bez żaluzji
21.01.	-1,58	-1,59	-1,55
	-1,02	-1,07	-0,96
21.07.	-1,23	-1,27	-1,15
	-0,51	-0,59	-0,16
20.03.	-1,54	-1,57	-1,47
	-0,96	-1,01	-0,88
23.09.	-1,40	-1,42	-1,21
	-0,76	-0,81	-0,23

PODSUMOWANIE

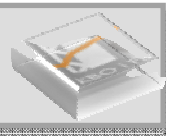


Zastosowanie żaluzji powoduje zwiększenie zużycia energii dla ogrzewania i oświetlenia, natomiast zmniejszenie zużycia energii na chłodzenie w rozważanym okresie w porównaniu z wariantami bez żaluzji.

Z przeprowadzonych badań jednoznacznie wynika, że **algorytm sterowania** musi być bardziej **rozbudowany** i uwzględniać więcej parametrów wejściowych.

Dodatkowo nasuwa się wniosek, aby pomieszczenia o dużych przeszkleniach oraz znacznych szerokościach (głębokościach) wyposażać w **wielostrefowe układy oświetleniowe** o niezależnym sterowaniu.

PODSUMOWANIE



Wypadkowa efektywność energetyczna tego typu rozwiązań jest **trudna** do określenia bez przeprowadzenia badań symulacyjnych.

Zatem należy zalecać ich wykonywanie w trakcie **projektowania** obiektu, aby nie narażać inwestora na powiększone koszty realizacji obiektu, które nie przyniosą spodziewanych efektów energetycznych.

Projektowanie pomieszczeń – komfort cieplny zaniedbywany.

DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ