



Politechnika Wrocławska

Instytut Budownictwa

WPLYW ROZWIĄZAŃ FASADOWYCH NA OŚWIETLENIE POMIESZCZEŃ ŚWIATŁEM DZIENNYM I ROCZNY BILANS ENERGETYCZNY BUDYNKÓW

dr hab. inż. Henryk Nowak, prof. PWr

Wrocław, 05.11.2008r.



Plan wystąpienia

- 1. Wprowadzenie**
- 2. Światło dzienne w budynkach - normy**
- 3. Systemy zacieniające**
- 4. Fasady inteligentne**
- 5. Podsumowanie**



Politechnika Wrocławska

1. Wprowadzenie





1. Wprowadzenie

1. Natężenie światła dziennego w pomieszczeniach

1.1. Otoczenie świetlne

Dla dobrej praktyki oświetlenia istotne jest, aby obok wymaganych poziomów natężenia oświetlenia, spełnione były inne jakościowe i ilościowe potrzeby ludzi. Wymagania oświetleniowe wynikają z uwzględnienia trzech podstawowych potrzeb człowieka:

- wygody widzenia, przy której pracownicy mają dobre samopoczucie; wpływa to również pośrednio na wzrost wydajności pracy,
- wydolności wzrokowej, przy której pracownicy są w stanie wykonywać zadania wzrokowe, nawet w trudnych warunkach i w wydłużonym czasie,
- bezpieczeństwa.



1. Wprowadzenie

Podstawowe parametry określające otoczenie świetlne:

- rozkład luminancji,
- natężenie oświetlenia,
- olśnienie,
- kierunkowość światła (oświetlenie kierunkowe),
- oddawanie barw i wygląd barwy światła,
- migotanie,
- światło dzienne.



1. Wprowadzenie

2. Zalecane natężenia oświetlenia w polu zadania

Wartości podane w normie są eksploatacyjnymi **wartościami natężenia oświetlenia** w obrębie pola zadania, na płaszczyźnie odniesienia, która może być pozioma, pionowa lub pochylona. Średnie natężenie oświetlenia dla każdego zadania powinno być nie mniejsze niż wartości podane w obowiązujących przepisach, niezależnie od wieku i stanu instalacji. Wartości te ustalono dla normalnych warunków widzenia.



1. Wprowadzenie

Ustalona wartość natężenia oświetlenia może być dostosowana, ze zmianą co najmniej o jeden stopień na skali stopniowania natężeń oświetlenia, jeśli warunki widzenia odbiegają od warunków normalnych.

Okolo 1,5-krotna zmiana wartości natężenia oświetlenia powoduje odczucie najmniejszej, znaczącej zmiany w oświetleniu.

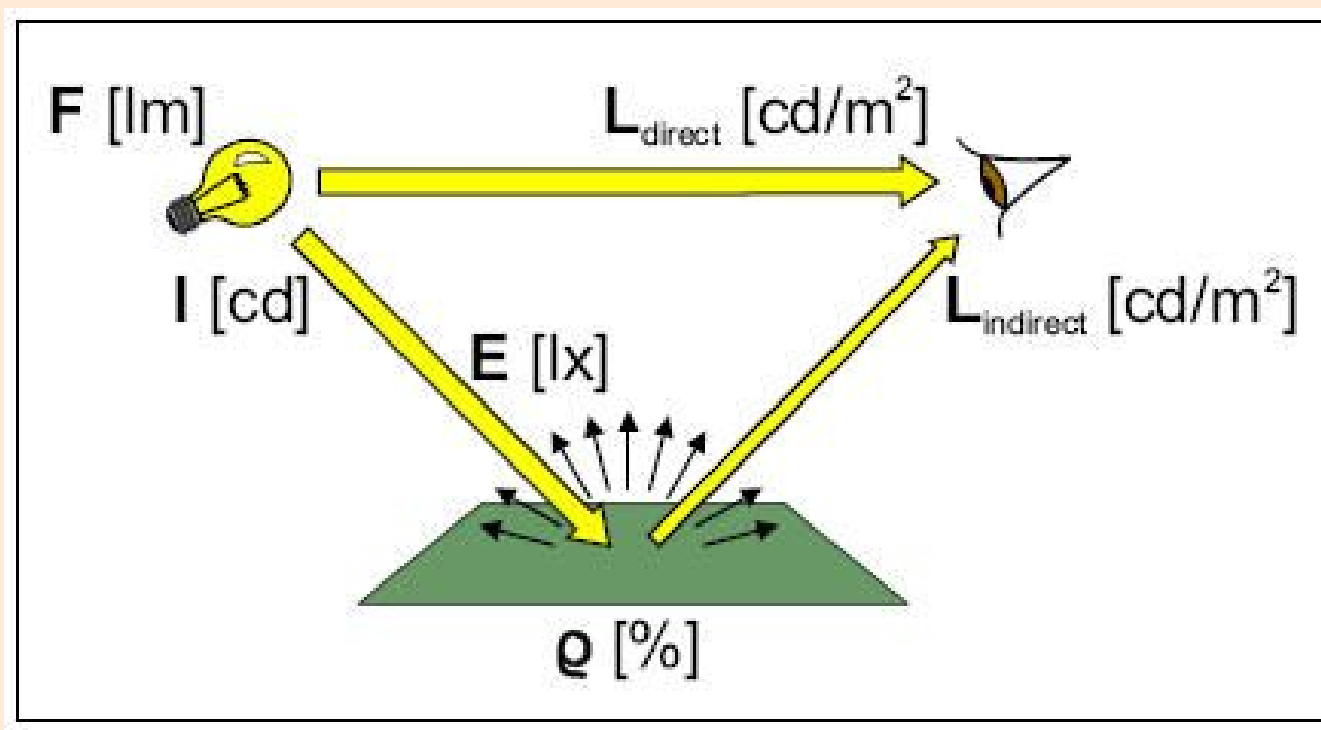
W typowych warunkach oświetlenia okolo 20 lx jest wartością, przy której ledwo rozpoczyna się rozróżnianie cech ludzkiej twarzy i jest to wartość najmniejsza na skali stopniowania natężeń oświetlenia.

Zalecana skala stopniowania natężenia oświetlenia jest następująca (w lx): 20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1000 - 1500 - 2000 - 3000 - 5000

W miejscach stałego pobytu, eksploatacyjne natężenie oświetlenia nie powinno być mniejsze niż 200 lx.



Podstawowe jednostki świetlne



Zilustrowanie najważniejszych jednostek świetlnych



2. Światło dzienne w budynkach - normy

- PN-EN 12464-1:2003 Technika świetlna. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy wewnątrz pomieszczeń
- PN-EN 12464-1:2004 Światło i oświetlenie - Oświetlenie miejsc pracy - Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach
- PN-EN 15193:2007 Energetyczne właściwości użytkowe budynków - Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia
- PN-EN 1838:2005 Zastosowania oświetlenia - Oświetlenie awaryjne
- PN-EN 50172:2005 Systemy awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego
- PN-EN 60598-2-22:2004 Oprawy oświetleniowe - Część 2-22: Wymagania szczegółowe - Oprawy oświetleniowe do oświetlenia awaryjnego



2. Światło dzienne w budynkach - normy

Wymagane wartości natężenia oświetlenia na płaszczyźnie odniesienia (płaszczyzna robocza na wys. 0,85 m lub podłoga) w zależności od:

- rodzaju wnętrza (strefy),
- zadania lub czynności

dla budynków o różnym przeznaczeniu podane są w normie:

PN-EN 12461 (listopad 2004) "Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach"



2. Światło dzienne w budynkach - normy

**Tablica 5.1: Strefy komunikacyjne i obszary
ogólnego przeznaczenia w budynkach**

**Tablica 5.2: Działalność przemysłowa
i rzemieślnicza**

Tablica 5.3: Biura

Tablica 5.4: Domy towarowe, sklepy

Tablica 5.5: Miejsca użyteczności publicznej

Tablica 5.6: Pomieszczenia edukacyjne

Tablica 5.7: Pomieszczenia opieki zdrowotnej

Tablica 5.8: Strefy transportu



3. Systemy zacieniające

Zadania systemów zacieniających - poprawa warunków komfortu cieplnego oraz wizualnego w pomieszczeniach przez:

- zabezpieczenie przed przegrzewaniem pomieszczeń,
- zabezpieczenie przed oślnieniem (oślepieniem),
- zapewnienie prywatności.

Przy projektowaniu systemów (osłon) zacieniających należy równocześnie rozpatrywać problemy:

- oddziaływania promieniowania słonecznego na budynek,
- oświetlenia pomieszczeń światłem dziennym,
- wentylacji pomieszczeń (mikroklimat)

oraz: wspomaganie oświetlenie sztucznym, wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna, klimatyzacja, ogrzewanie budynku.



3. Systemy zacieniające

Systemy zacieniające:

- stanowią integralną część obudowy budynku,
- decydują o właściwościach termicznych tej obudowy (wpływają na roczny bilans energetyczny budynku) oraz oświetlenie pomieszczeń światłem dziennym,
- mogą być:
 - zewnętrzne (najbardziej wydajne),
 - w płaszczyźnie przeszklenia,
 - wewnętrzne (najmniej wydajne),
 - kurtynowe (systemy ścienne),
- mogą być:
 - pasywne,
 - aktywne,
 - zintegrowane.



3. Systemy zacieriające

Systemy tradycyjne

Ostony zewnętrzne:

- rozwiązania urbanistyczne (zacierianie budynków),
- zieleń wokół budynku,
- okiennice, żaluzje, markizy, itp.
- nadwieszenia poziome (najczęściej balkony),
- elementy pionowe,
- roślinność na ścianach, na pergolach (w zimie brak liści umożliwia penetrację promieniowania słonecznego).



3. Systemy zacieniające

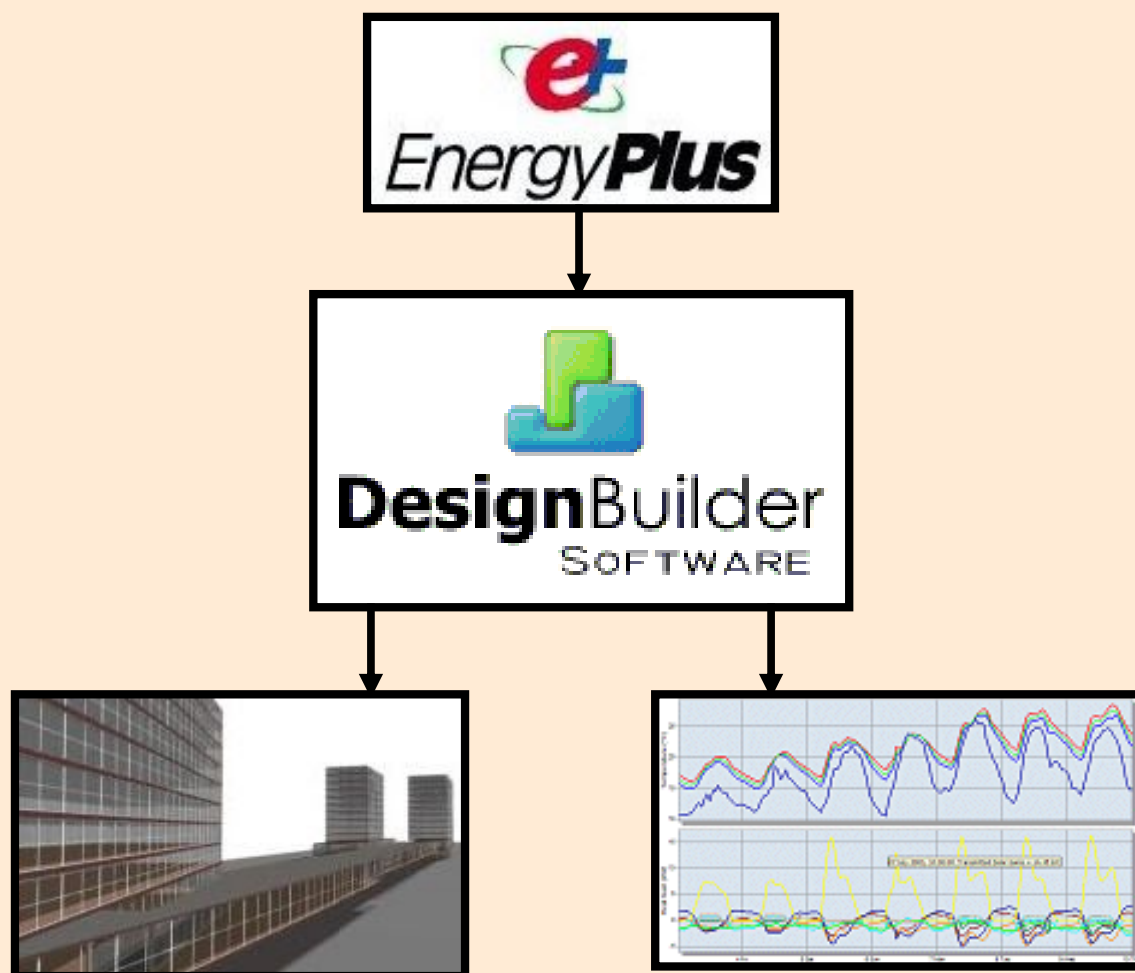
Główne problemy projektowe:

- zacienianie (światło dzienne) a zużycie energii w budynku w skali roku,
- zacienianie a komfort cieplny i wizualny w pomieszczeniach,
- projektowanie wieloetapowe, optymalizacja rozwiązań i kosztów,
- skomplikowane programy komputerowe.



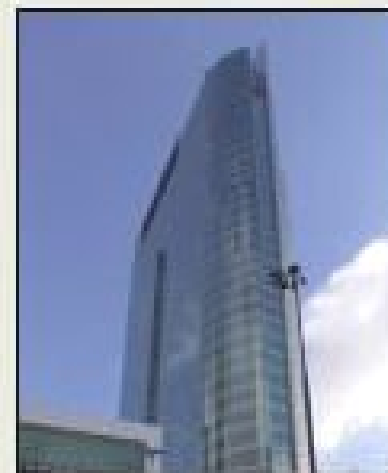
3. Systemy zacieniające

Obliczenia symulacyjne





4. Fasady inteligentne





4. Fasady inteligentne





4. Fasady inteligentne

Fasady inteligentne (aktywne) mogą się dostosować do zmiennych warunków pogodowych umożliwiając:

- optymalne wykorzystanie dostępnej energii słonecznej,
- dynamiczne zacienianie pomieszczeń,
- odpowiednią wentylację pomieszczeń,
- właściwe oświetlenie pomieszczeń światłem dziennym,

tzn. umożliwiają zachowanie racjonalnego rocznego zużycia energii w budynku oraz odpowiednich warunków komfortu cieplnego i wizualnego.



4. Fasady inteligentne

Nie każdy budynek inteligentny posiada fasady inteligentne, a budynek z fasadami inteligentnymi nie zawsze jest inteligentny (w rozumieniu powszechnie znanej definicji budynku inteligentnego).



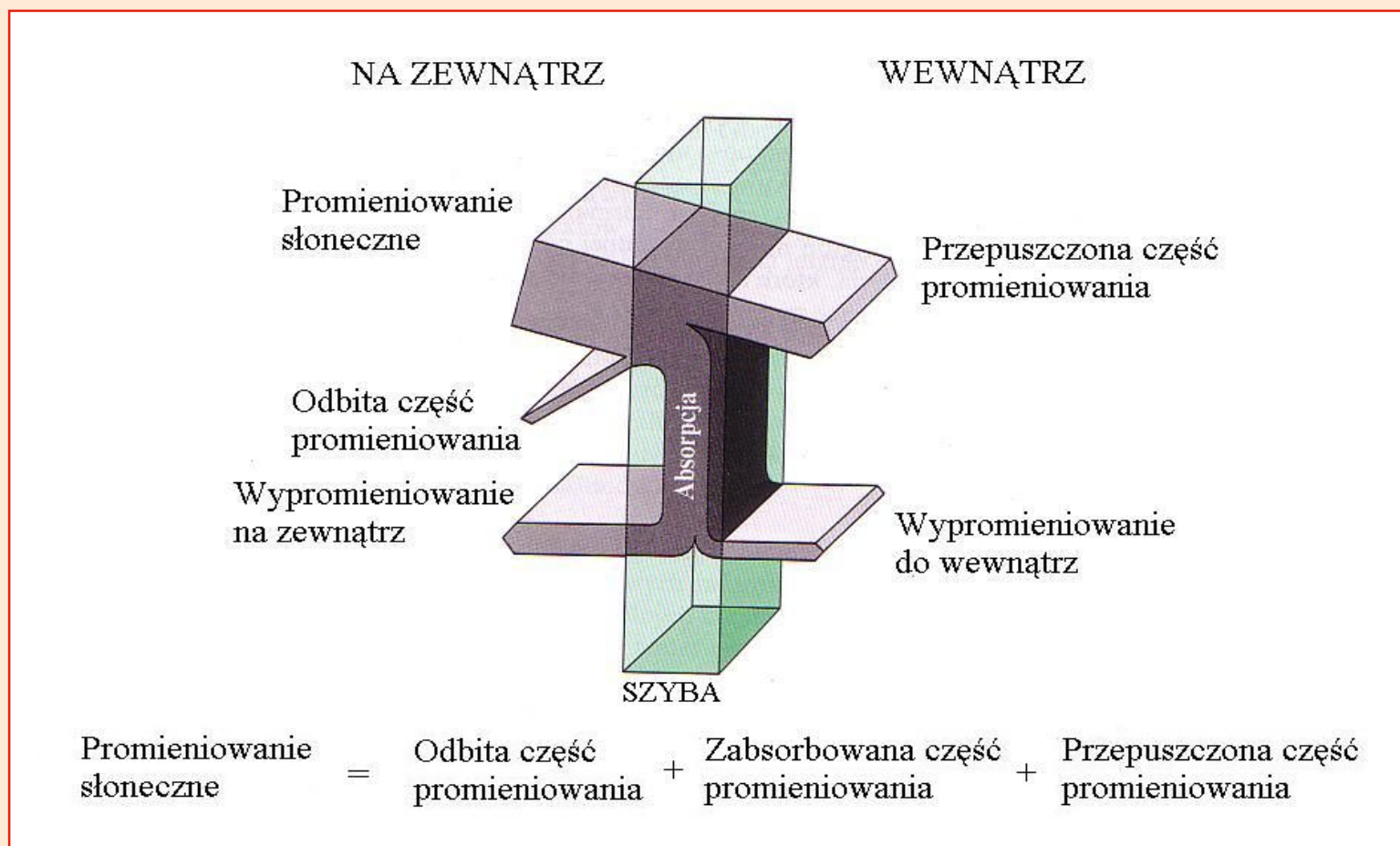
4. Fasady inteligentne

Podział fasad inteligentnych:

- fasady regulujące ilość promieniowania słonecznego docierającego do pomieszczeń za pomocą specjalnych zestawów szyb zespolonych,
- fasady z aktywnymi systemami zacieniającymi,
- fasady podwójne,
- fasady zintegrowane.

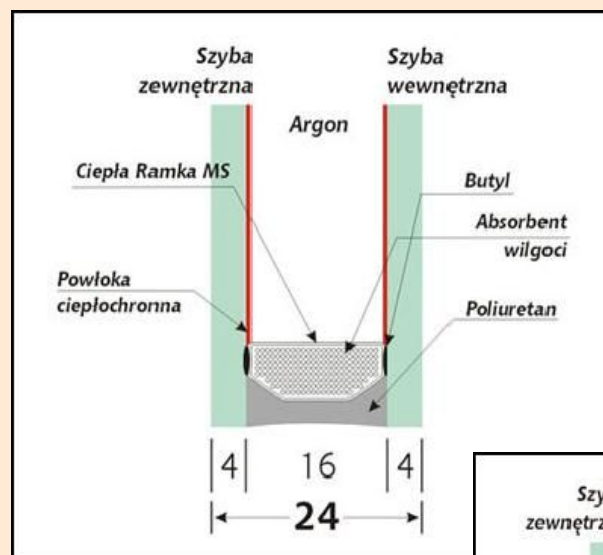
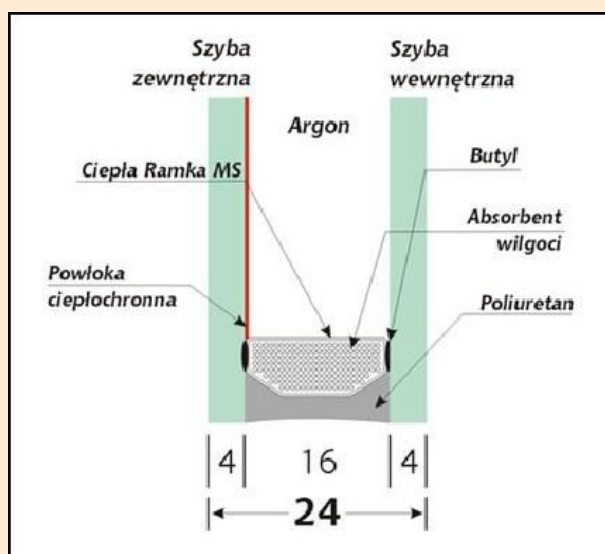
4. Fasady inteligentne

Zestawy szyb zespolonych o specjalnych właściwościach radiacyjnych

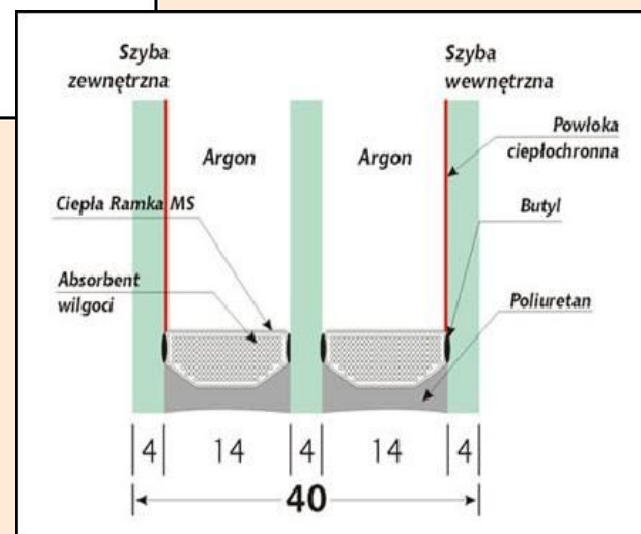




4. Fasady inteligentne



Przykładowe zestawy szyb zespolonych





4. Fasady inteligentne

Szyby spektralnie selektywne

Spektralna selektywność powierzchni przegród przezroczystych polega na przepuszczaniu określonych długości fal promieniowania słonecznego w zależności od funkcji jaką ma pełnić rozpatrywana przegroda. W przypadku szyb spektralnie selektywnych są to najczęściej dwie funkcje:

- **blokowanie części podczerwonej promieniowania słonecznego**, która jest odpowiedzialna za niepożądane nagrzewanie się pomieszczeń w okresie letnim,
- **przepuszczanie części podczerwonej promieniowania słonecznego** w celu dogrzewania pomieszczeń w zimie (wspomaganie ogrzewania budynku) i/lub umożliwienie nagrzewania się urządzeń korzystających z energii słonecznej (np. ściany akumulacyjne, kolektory słoneczne).



4. Fasady inteligentne

Szyby spektralnie selektywne

Szyby spektralnie selektywne dzielą się na kilka typów ze względu na charakterystykę przepuszczanego i blokowanego zakresu promieniowania.

Można więc wyróżnić szyby:

szyby barwione w masie (tinted glazing) - barwienie jest jednym z pierwszych i dosyć skutecznych sposobów modulowania selektywnych właściwości szyb,

szyby niskoemisyjne (heat mirrors) - są to szyby ze specjalną powłoką niskoemisyjną (low-e) powodującą odbicie długofalowego promieniowania cieplnego, np. odbijają promieniowanie ciepłe z urządzeń grzewczych z powrotem do pomieszczenia zmniejszając straty ciepła,

szyby kątowo selektywne (angular selective glazing),

szyby chromogeniczne - szyby te zmieniają swoje charakterystyki przepuszczalności promieniowania, zarówno słonecznego jak i długofalowego, w zależności od zmian różnych czynników naturalnych lub sztucznych; wśród nich wyróżniamy:

fotochromowe - zmiana własności radiacyjnych następuje pod wpływem zmiany natężenia promieniowania słonecznego padającego na szybę,

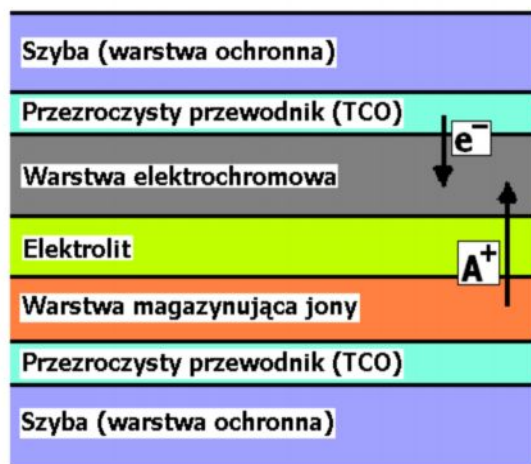
termochromowe - zmiana własności następuje pod wpływem zmiany temperatury powietrza po obu stronach okna,

elektrochromowe - zmiana następuje pod wpływem przyłożonego impulsu elektrycznego, wygląd tych szyb może zmieniać od przezroczystego do matowego lub lustrzanego,

4. Fasady inteligentne

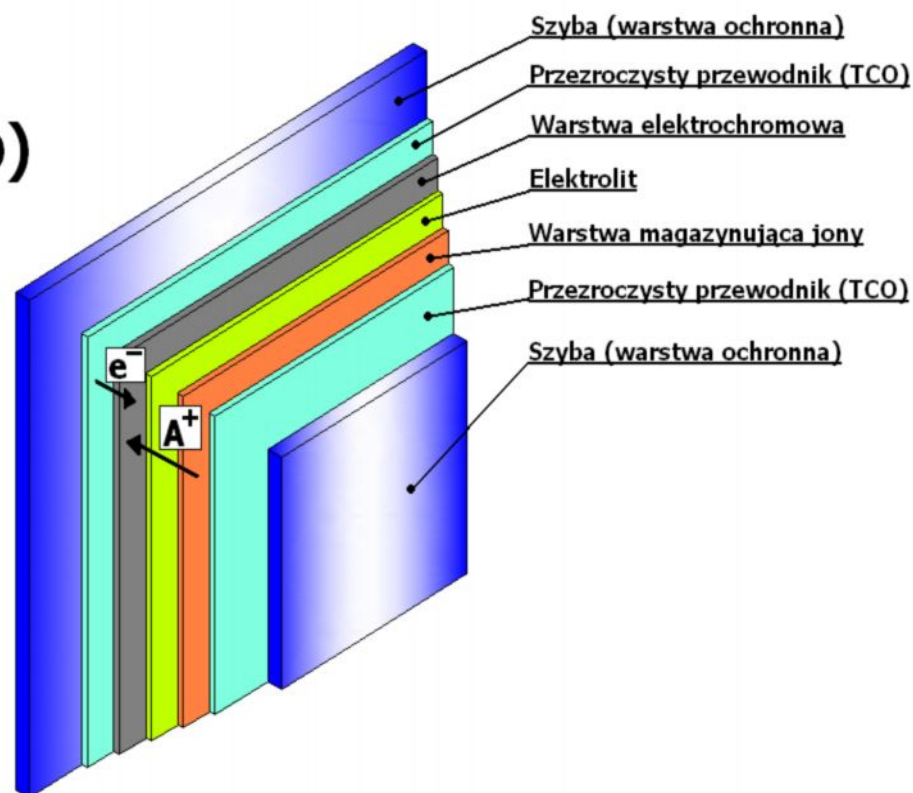
Warstwy występujące w zestawie szyb elektrochromowych

a)



a) przekrój przez szybę

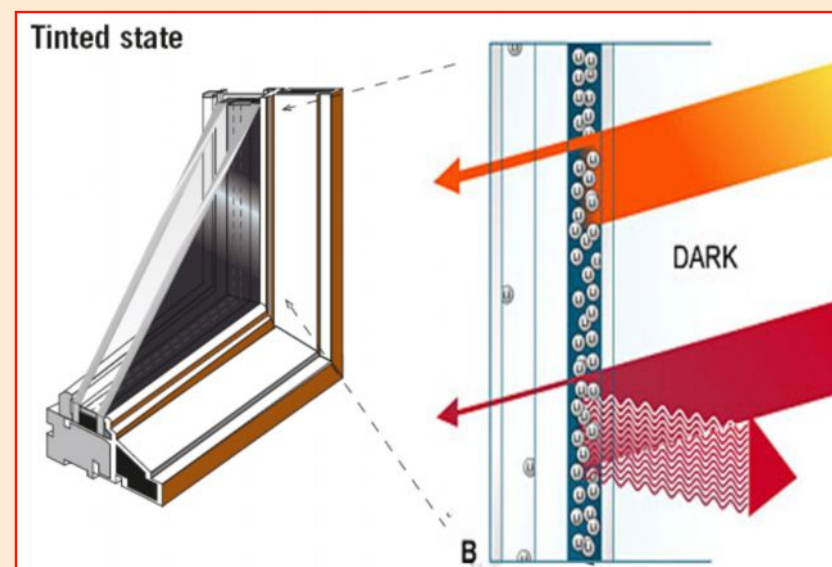
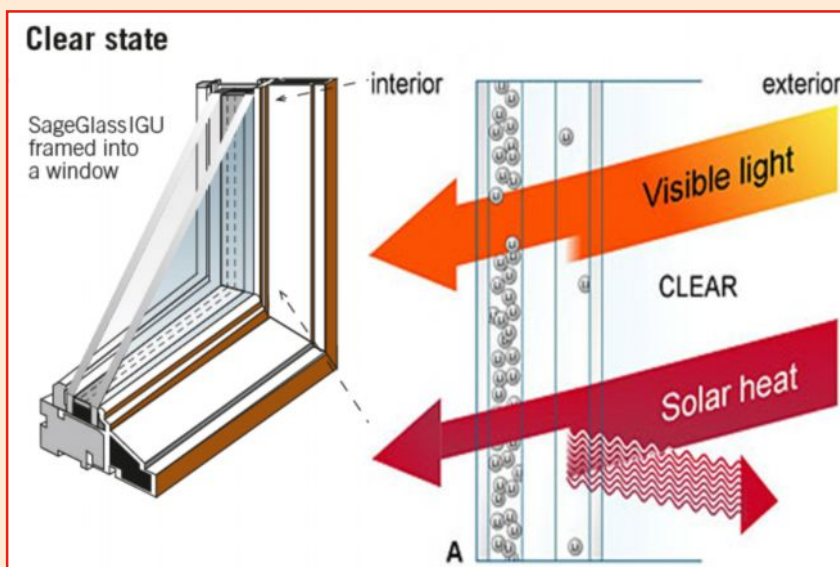
b)



b) widok w aksonometrii

4. Fasady inteligentne

Zasada działania szyb elektrochromowych („smart windows”)



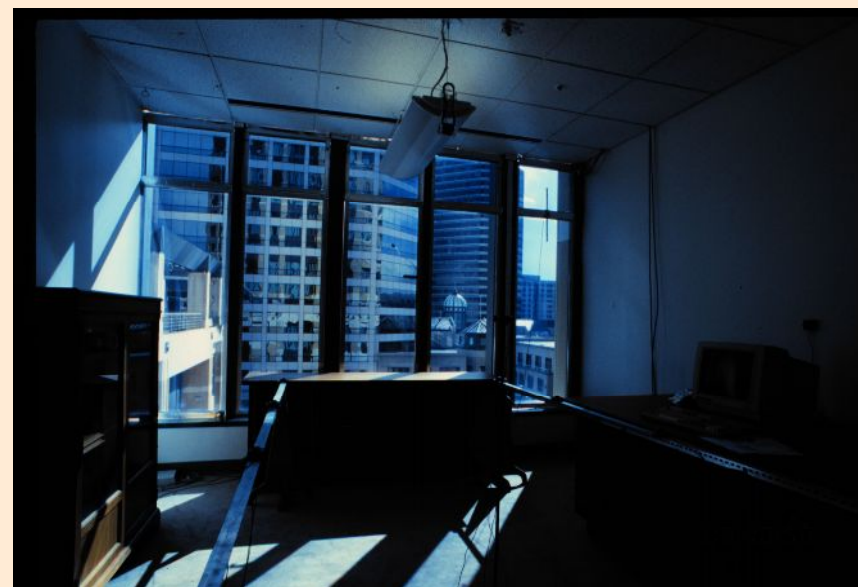


4. Fasady inteligentne

Zmiana charakterystyk radiacyjnych zestawu szyb elektrochromowych, która pociąga za sobą również zmianę wyglądu



Szyby przezroczyste („wyłączone”)



Szyby kolorowe („włączone”)



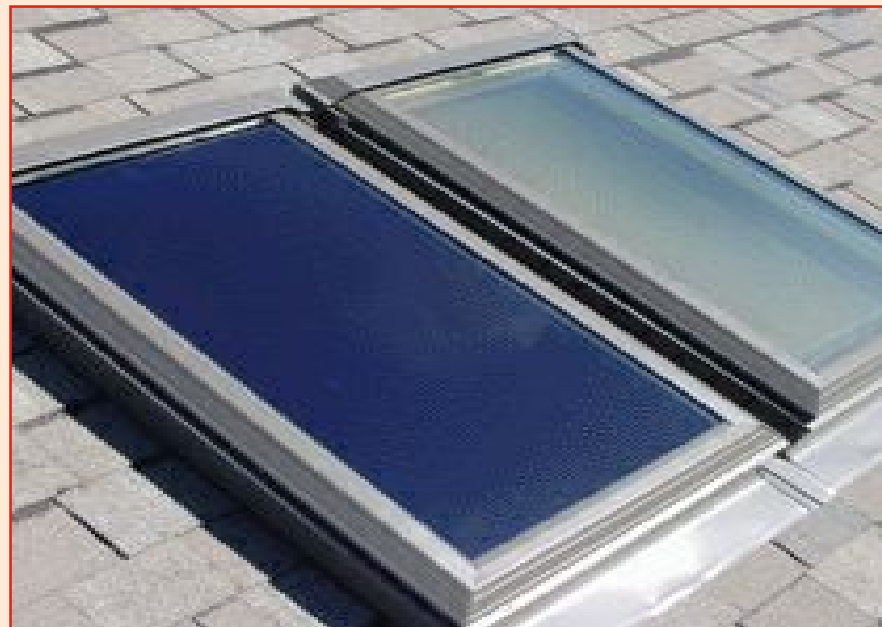
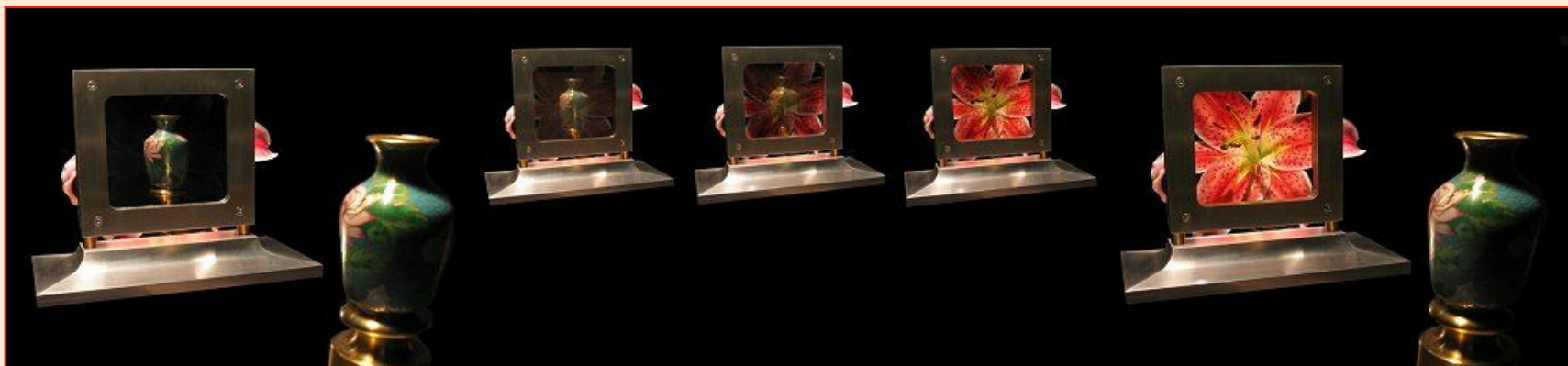
4. Fasady inteligentne

Właściwości zestawów szyb elektrochromowych

Przepuszczalność światła dziennego (LT – Light Transmittance)	Rozjaśniona 50% ÷ 80% Przyciemniona 5% ÷ 20%
Całkowita przepuszczalność światła słonecznego (TSET – Total Solar Energy Transmittance)	Rozjaśniona 35% ÷ 60% Przyciemniona 10% ÷ 20%
Współczynnik zacielenia (SC – Shading Coefficient)	Rozjaśniona 0,60 ÷ 0,67 Przyciemniona 0,18 ÷ 0,30
Napięcie potrzebne do zmiany stanu	1 ÷ 5 Volt
Czas zmiany stanu	1 ÷ 5 minut
Okres „pamiętania” zmiany stanu	1 ÷ 24 godzin
Żywotność (ilość cykli)	10.000 ÷ 100.000 cykli
Trwałość	5 ÷ 20 lat
Zakres pracy	30°C ÷ 70°C



4. Fasady inteligentne





4. Fasady inteligentne (szyby elektrochromowe)



Bridge Street skylights in their clear state.



Bridge Street skylights tinted to block the glare and heat.



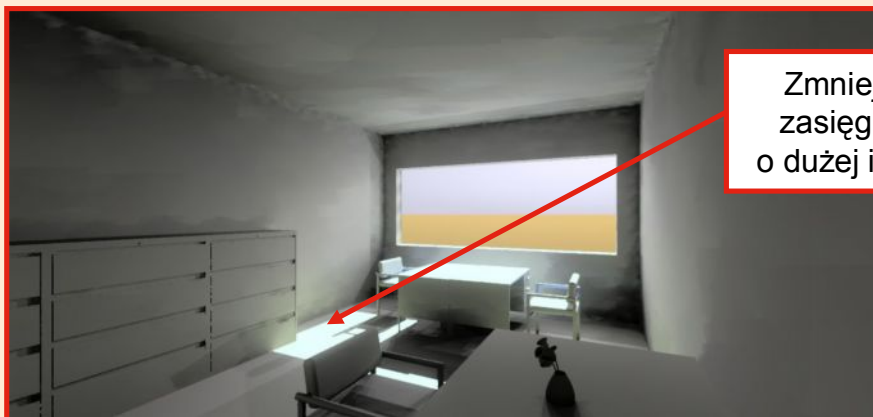
4. Fasady inteligentne



Aktywne systemy zacieniające



4. Fasady inteligentne - wpływ nadwieszów zacieniających na rozkład natężenia światła dziennego w pomieszczeniach (*Wizualizacje 3D rozkładu iluminacji*)



Wizualizacja pomieszczenia niezacienionego 21 marca.



Wizualizacja pomieszczenia zacienionego 21 marca.

Zmniejszenie
zasięgu strefy
o dużej iluminacji



Wizualizacja pomieszczenia niezacienionego 22 czerwca.



Wizualizacja pomieszczenia zacienionego 22 czerwca.

Jednolite warunki
iluminacji po
zastosowaniu
nadwieszenia



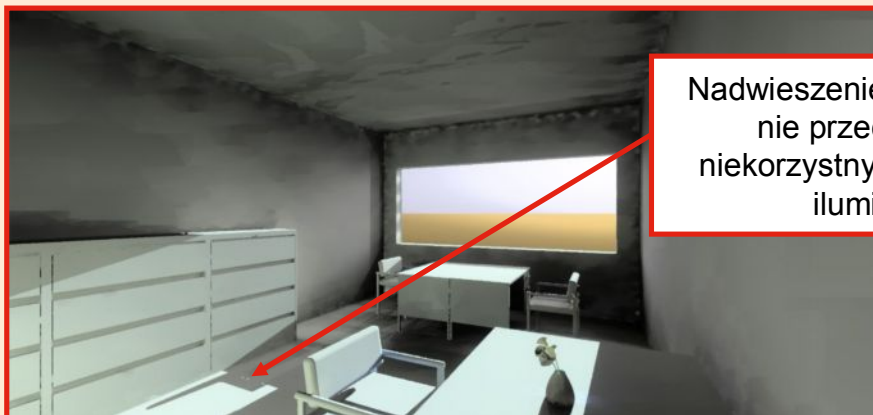
4. Fasady inteligentne - wpływ nadwieszów zacieniających na rozkład natężenia światła dziennego w pomieszczeniach (*Wizualizacje 3D rozkładu iluminacji*)



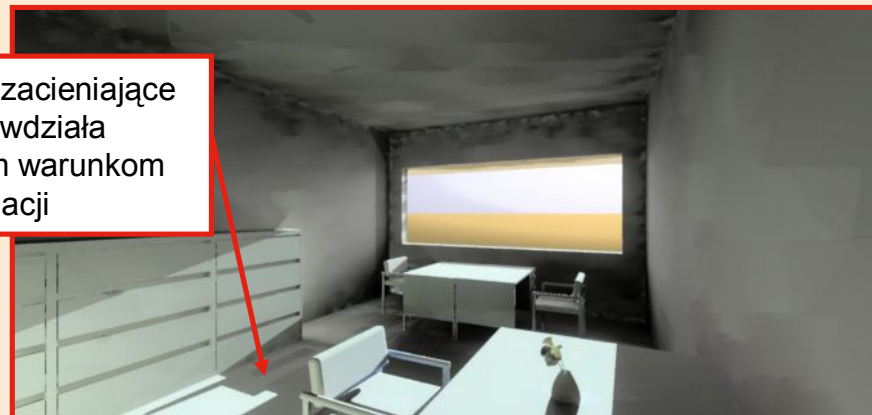
Wizualizacja pomieszczenia niezacienionego 23 września.



Wizualizacja pomieszczenia zacienionego 23 września.



Wizualizacja pomieszczenia niezacienionego 22 grudnia.



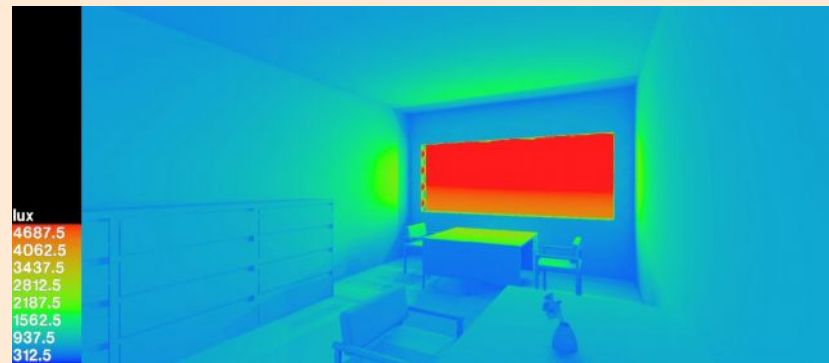
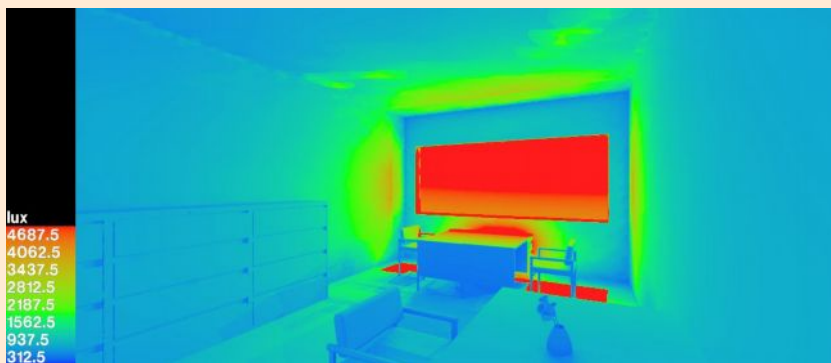
Wizualizacja pomieszczenia zacienionego 22 grudnia.

Analogiczne warunki
iluminacji jak w dniu
21 marca

Nadwieszenie zacierniające
nie przeciwdziała
niekorzystnym warunkom
iluminacji



4. Fasady inteligentne - wpływ nadwieszów zacieniających na rozkład natężenia światła dziennego w pomieszczeniach (*Wizualizacje 3D rozkładu iluminacji*)

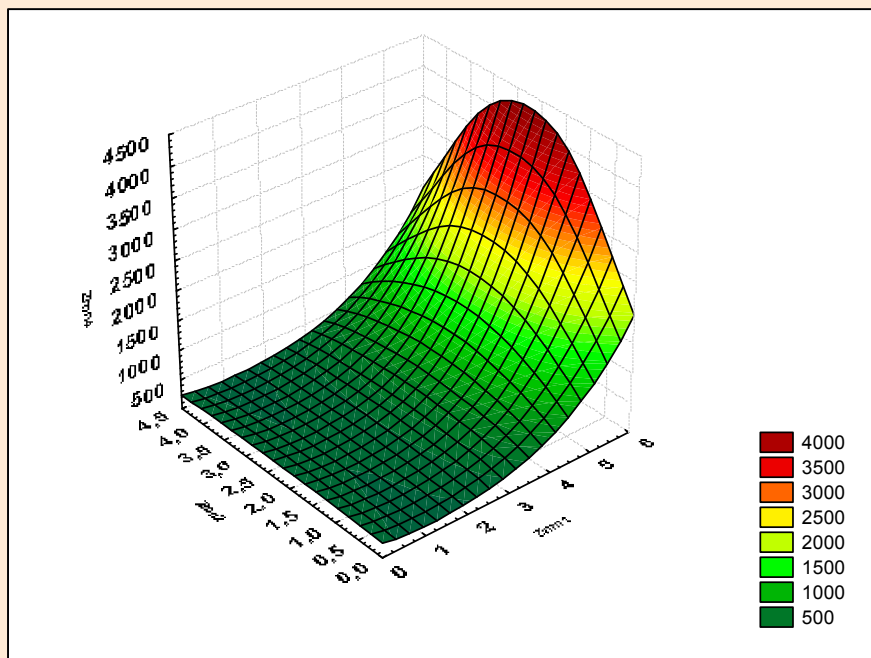


Inny sposób wizualizacji wpływu nadwieszenia zacieniającego na rozkład natężenia oświetlenia światłem dziennym pomieszczenia biurowego w dniu 22 czerwca o godz. 12:00 przy bezchmurnym nieboskłonie: lewa strona - pomieszczenia nie zacienione, prawa strona - pomieszczenie zacienione

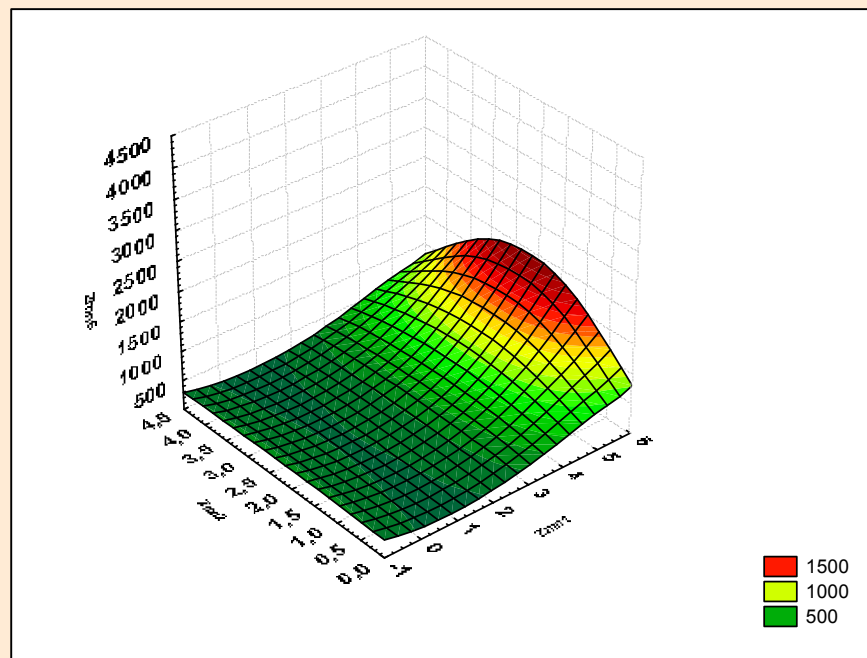


4. Fasady inteligentne - wpływ nadwieszeń zacieniających na rozkład natężenia światła dziennego w pomieszczeniach (*Wizualizacje 3D rozkładu iluminacji*)

bez nadwieszenia



z nadwieszeniem zacieniającym

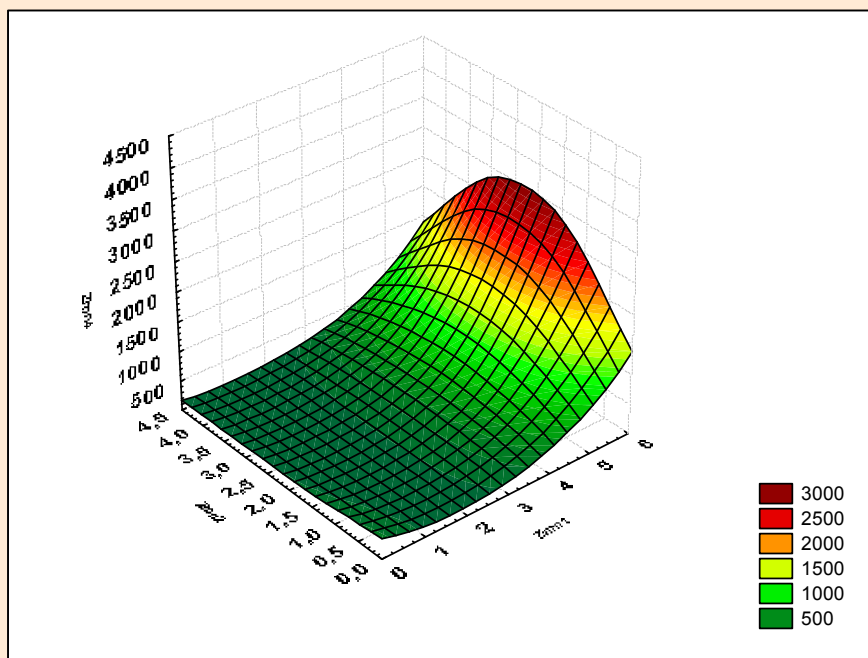


Przykładowy rozkład natężenia światła dziennego w pomieszczeniu w dniu 22 czerwca, niebo całkowicie zachmurzone

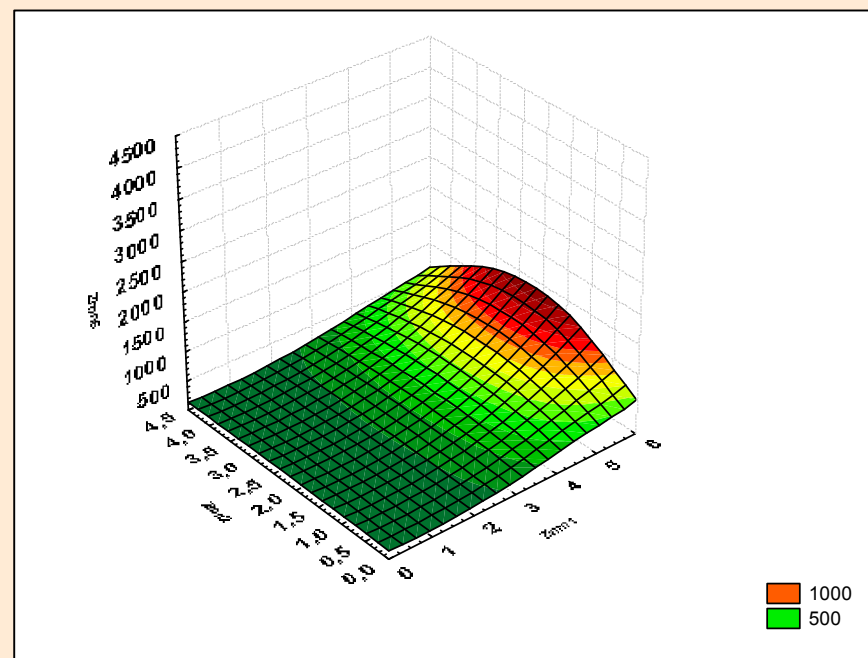


4. Fasady inteligentne - wpływ nadwieszeń zacieniających na rozkład natężenia światła dziennego w pomieszczeniach (*Wizualizacje 3D rozkładu iluminacji*)

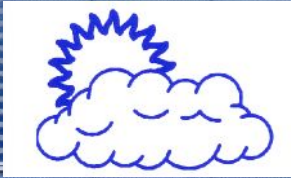
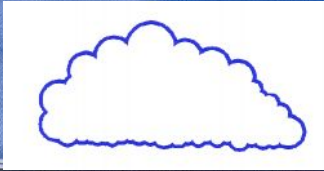
bez nadwieszenia



z nadwieszeniem zacieniającym



Przykładowy rozkład natężenia światła dziennego w pomieszczeniu w dniu 21 marca (23 września), niebo całkowicie zachmurzone





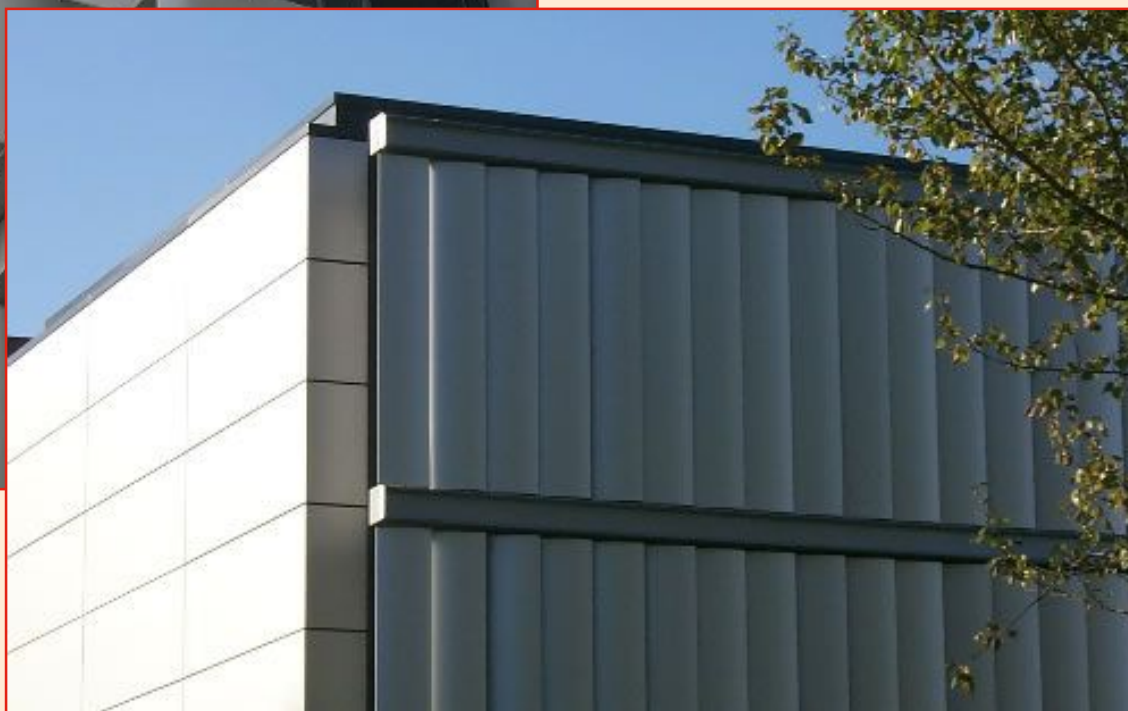
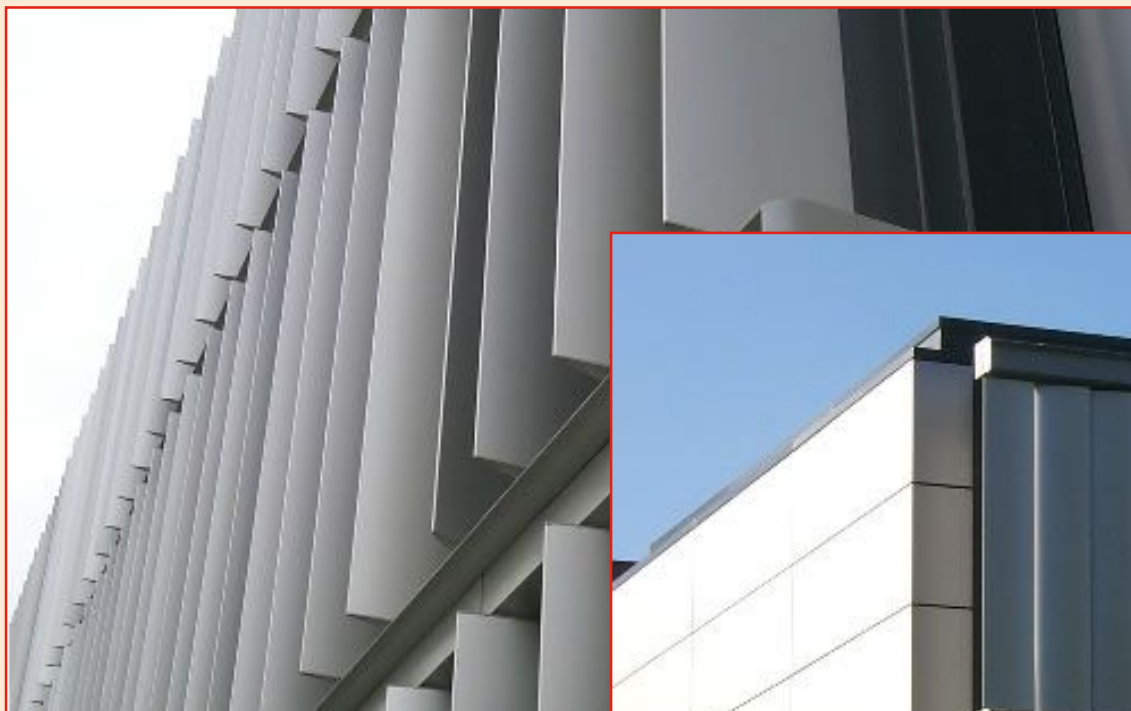
4. Fasady inteligentne



Aktywny system zacieniający



4. Fasady inteligentne



Aktywny system zacieniający



4. Fasady inteligentne

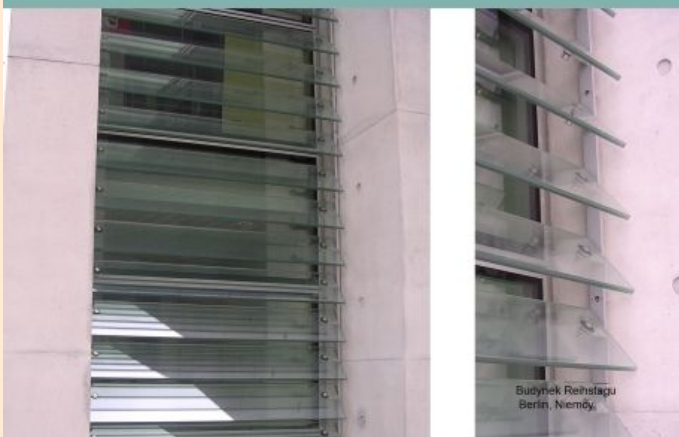
Systemy ochrony przeciwsłonecznej: System żaluzji ruchomych:



Systemy ochrony przeciwsłonecznej:



Systemy ochrony przeciwsłonecznej: Żaluzje stałe, szklane:

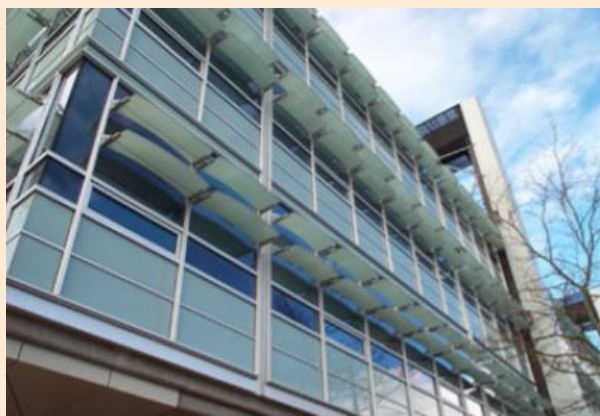


Systemy ochrony przeciwsłonecznej:





4. Fasady inteligentne



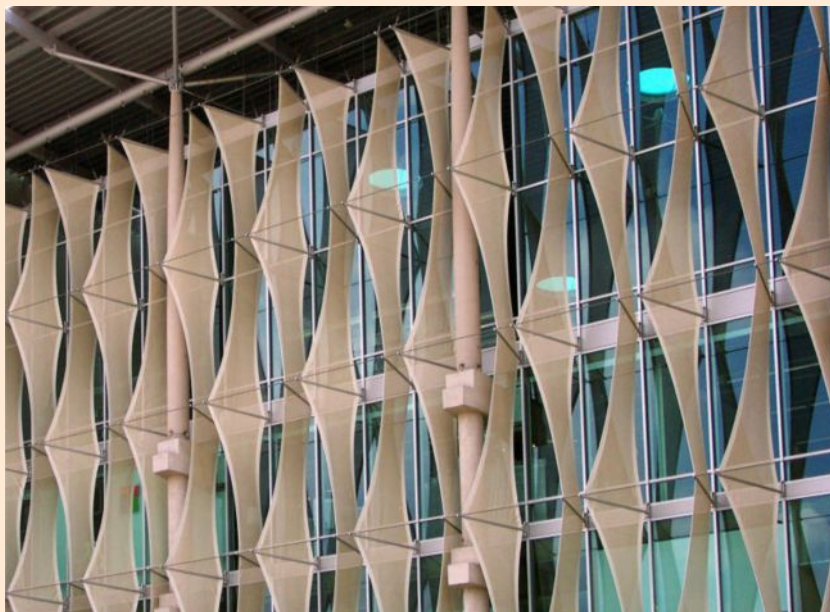
Light shelf designed for BC Gas Operations Centre in Surrey BC.



Półki świetlne



4. Fasady inteligentne



Aktywny system zaciniający



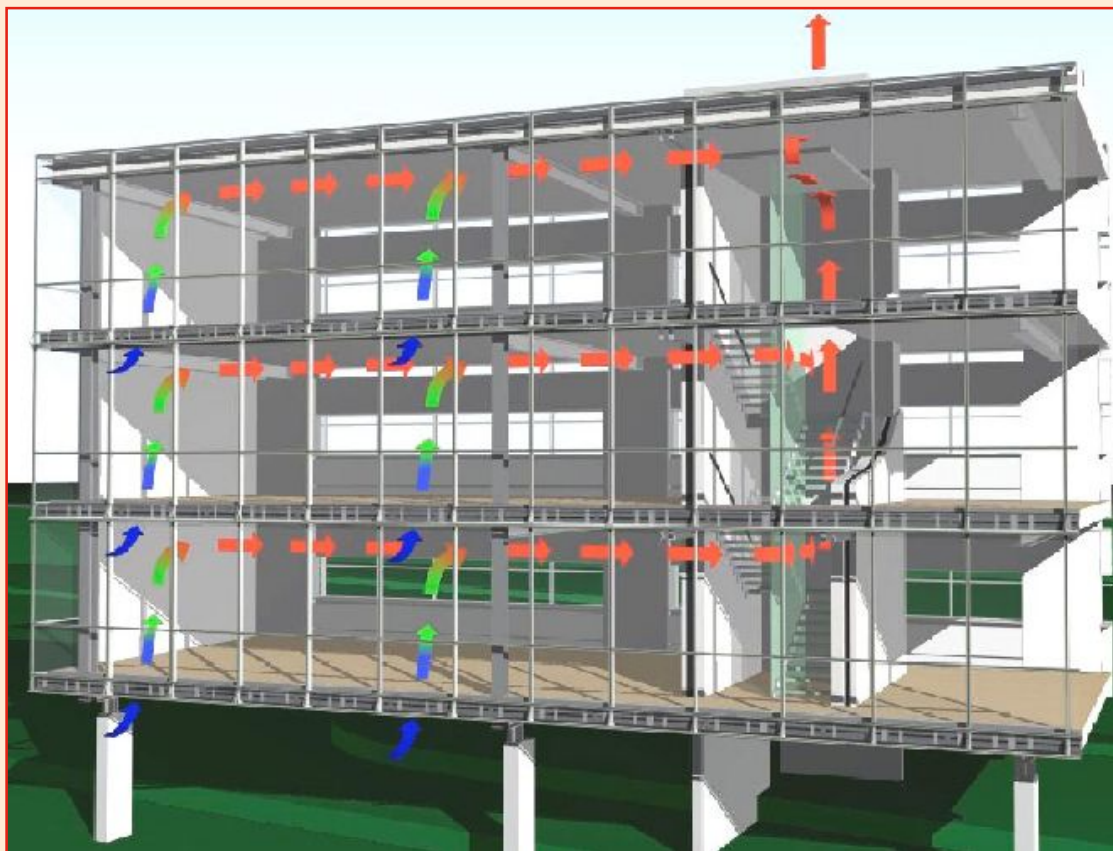
4. Fasady inteligentne

Fasady podwójne





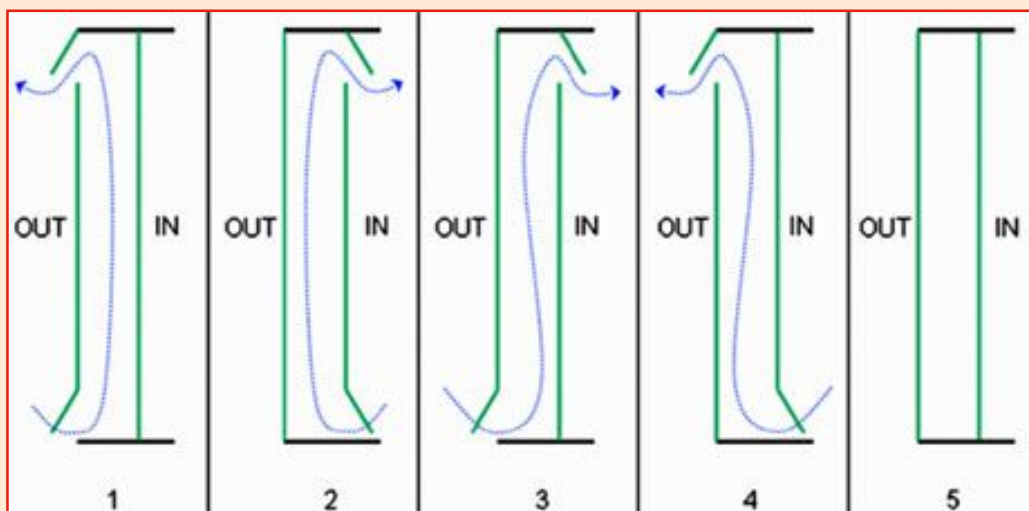
4. Fasady inteligentne



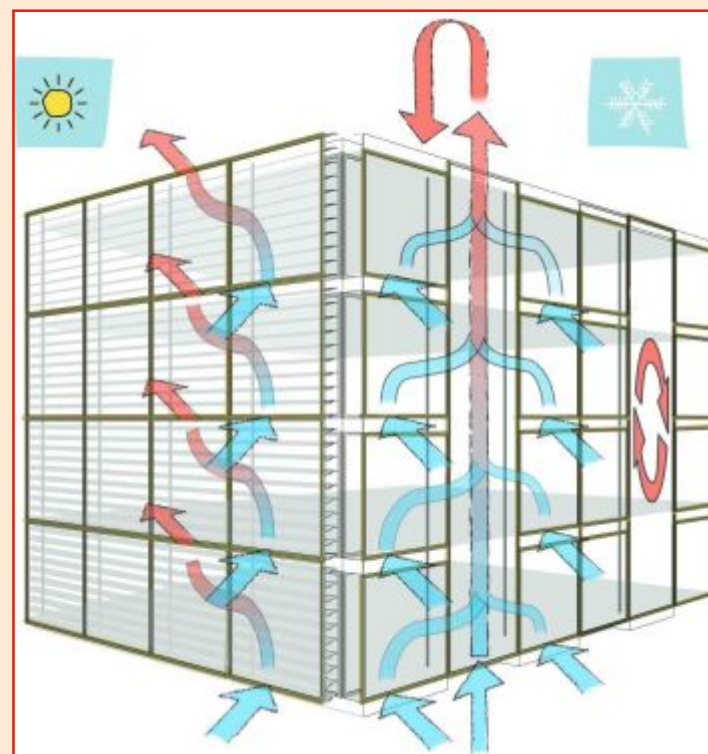
Podwójne fasady - wentylacja



4. Fasady inteligentne



Podwójne fasady - wentylacja





4. Fasady inteligentne

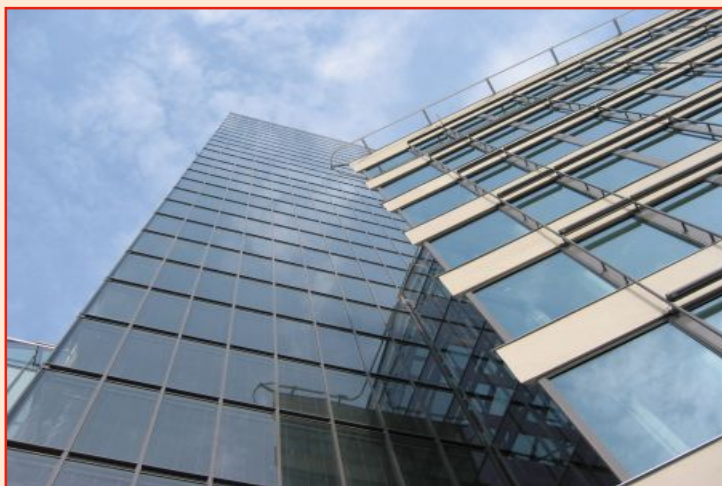


Podwójne fasady w budynku
Politechniki Wrocławskiej





4. Fasady inteligentne (fasady podwójne)





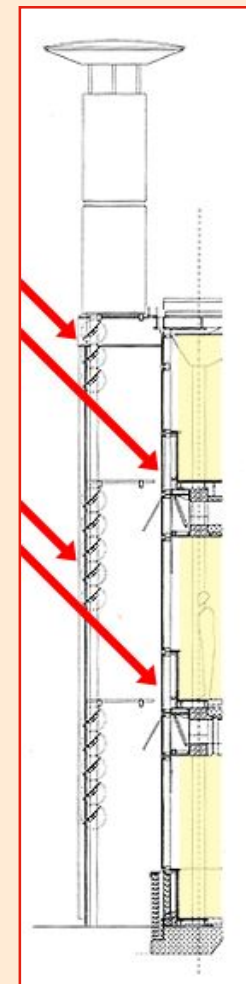
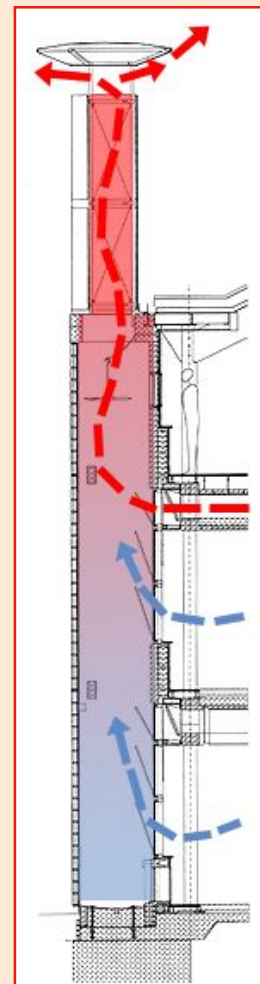
4. Fasady inteligentne (fasady zintegrowane)



Watford, Anglia - budynek Building Research Establishment (BRE)



4. Fasady inteligentne (fasady zintegrowane)



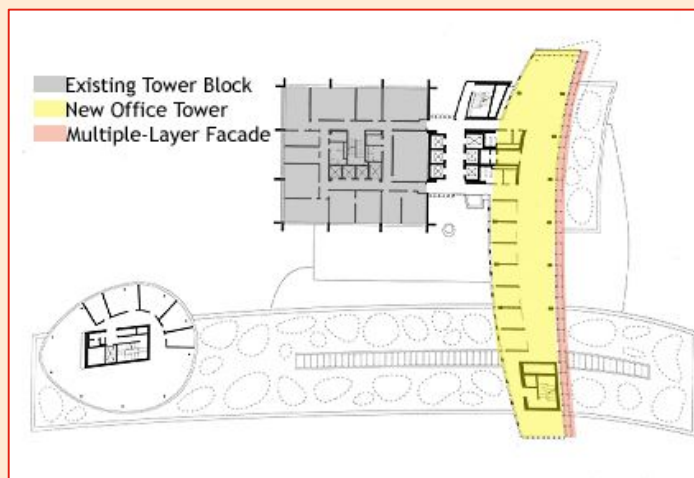
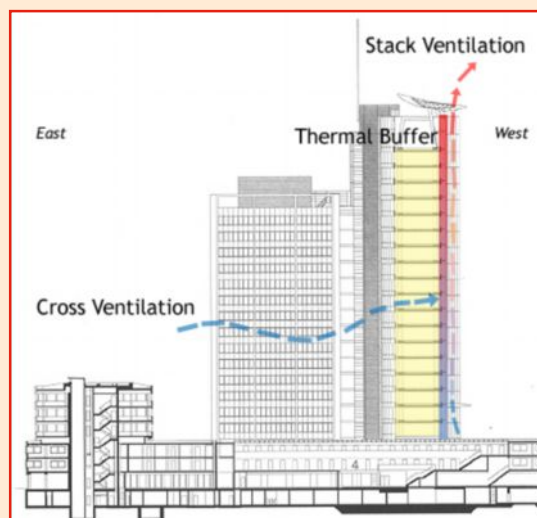


4. Fasady inteligentne (fasady zintegrowane)

Berlin, siedziba GSW



Elewacja zach.



Elewacja wsch.





4. Podsumowanie

Nowoczesne rozwiązania inteligentnych (aktywnych) fasad budynków:

- są przyszłością rozwiązań w budownictwie pod względem kształtowania rocznego bilansu energetycznego budynków z uwzględnieniem pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych,
- mogą się dostosowywać do zmiennych warunków pogodowych, umożliwiając optymalne wykorzystanie dostępnej energii promieniowania słonecznego przy jednoczesnym zachowaniu racjonalnego zużycia energii oraz odpowiednich warunków komfortu cieplnego i wizualnego,
- w ramach fasady inteligentnej mogą współpracować zewnętrzne stałe lub regulowane systemy zacieniające w postaci żaluzji albo nadwieszów zacieniających, zestawy szyb elektrochromowych, fasady podwójne lub fasady zintegrowane,
- projektowanie nowoczesnych fasad powinno być kompleksowe, wieloetapowe, z optymalizacją rozwiązań i kosztów,
- projektowanie fasad aktywnych odbywa się za pomocą złożonych programów komputerowych i środowisk programistycznych.



Dziękuję za uwagę...