

## **ZAGADKA ENERGII (DLACZEGO W 1929 I 2002 BUDYNKI UŻYWAŁY TYLE SAMO ENERGII)**

Projektując powłokę zewnętrzną (skorupę) budynku należy odnieść się do wielu różnych aspektów jej pracy, takich jak wydajność energetyczna, trwałość, możliwość jej poprawnego zbudowania, warunki zdrowotne i komfort osób przebywających w budynku, bezpieczeństwo pożarowe, akustyka i dostępność finansowa. Ten esej rozważa wydajność energetyczną powłoki.

### **Definicja zagadki**

Średnie zużycie energii w budynkach mieszkalnych w mieście Vancouver, BC, Kanada, w roku 1990 wynosiło 315 kWh /m<sup>2</sup>. Od 1990 zużycie energii w budynkach stale spadało, aż do poziomu 250 kWh /m<sup>2</sup> w 2002 roku. Należy przy tym zauważyć, że jest to odpowiednik zużycia energii jaki również odnotowano w latach 20tych poprzedniego wieku. Zatem murowany budynek, wzniesiony wtedy zużywał tyle samo energii co lśniący, obłożony szklaną elewacją, nowoczesny budynek wznoszony dzisiaj! To oczywiście nie mówi nam nic o skomplikowanych funkcjach, które spełniają nowoczesne konstrukcje, w porównaniu z tymi, jakie były wymagane w latach 20tych. Zatem nasza zagadka brzmi: dlaczego nie zużywamy mniej energii niż w latach 20tych i dlaczego, w okresie od 1950 do 2000 wzrost emisji przypisywanej budynkom wyniósł aż 300%.

Ponadto, jako społeczeństwo, umówiliśmy się, że do roku XYZ (ta cyfra jest przesunięta, bo politycy nie potrafią kontrolować gospodarki) nowo konstruowane budynki będą neutralne pod względem emisji CO<sub>2</sub>. Po raz ostatni, takie budynki były konstruowane w Ameryce Północnej w połowie XIX wieku. Aby zobaczyć, dlaczego gospodarka w budownictwie idzie swoją drogą należy przyjrzeć się zmianom w konstrukcji, które zaszły w ciągu ostatnich 60 lat.

### **Budynki z lat 20tych XX wieku**

Wznoszenie budynków murowanych trwało długo. Ponieważ funkcje konstrukcyjne wymagały budowania grubych ścian na niższych poziomach, a lżejszych i cieńszych ścian, na wyższych poziomach, zatem taki budynek miał bardzo dużą pojemność termiczną. Piętra były konstruowane z belek stalowych i komponentów murowanych. Ściany były szczelne ponieważ zarówno od wewnątrz, jak i od zewnątrz były tynkowane tynkiem wapiennym. Tynk wapienny dojrzewa powoli, umożliwiając osiadanie budynku i ruchy ścian. Doskonałe, ciężkie i zwykle malowane farbą olejną podwójne okna były zintegrowane z murowanymi ścianami. Powierzchnia okien była mała. Z punktu widzenia fizyki, budynek był szczelny, masywny i dobrze zintegrowany. Z uwagi na niewydajne i jedynie okresowo działające źródła ciepła, w zimie temperatura wewnętrzna wahała się od komfortowej do niekomfortowego zimna.

### **Lepsze systemy ogrzewnicze, wentylacyjne i kontroli wilgoci w zimnych klimatach**

Szereg poważnych zmian został wprowadzony w budownictwie w latach 30tych XX wieku. Użycie impregnowanego asfaltu papieru (papy) jako barier klimatycznych w budownictwie stało się standardem. Papy były umieszczane po zewnętrznej stronie poszycia ścian, ograniczając przepływ powietrza i chroniąc przed deszczem, ale jednocześnie umożliwiając przepływ pewnej ilości wilgoci na zewnątrz budynku. Aby poprawić komfort termiczny, pusta przestrzeń wewnątrz ścian drewnianych wypełniona izolacją – najpierw używano wiórów drewnianych, stabilizowanych wapnem, następnie drobno pociętych gazet a wreszcie materiałów mineralnych i mat z włókna

szklanego. Jednak obecność izolacji termicznej wewnątrz ściany powodowała obniżenie temperatury zewnętrznej warstwy ściany, co z kolei prowadziło do kondensacji wilgoci a w efekcie do obniżenia trwałości ściany.

Barierę paroszczelną zostały wprowadzone do zredukowania przenikania pary wodnej z cieplejszego wnętrza i opór stawiany przez deski drewniane został przyjęty jako praktyczna wartość dla określania oporu przenikania pary wodnej i został przyjęty jako jednostka „perm” ( $57 \text{ ng/m}^2 \text{ s Pa}$ ).

Po roku 1945 płyty drewniane zaczęły być zastępowane najpierw płytami ze sklejki, potem płytami wiórowymi a wreszcie płytami OSB. Użycie płyt kartonowo – gipsowych do wykończenia wewnętrznych ścian pojawiło się w tym okresie i wynikało z konieczności skrócenia czasu przeznaczonego na konstrukcję. Użycie polietylenowych barier paroszczelnych było kontynuacją tych trendów, uniemożliwiających wysychanie ściany do wnętrza budynku. Tolerancja nowoczesnych ścian na wilgoć bardzo się zmniejszyła. Nowe, bardziej podatne na działanie wilgoci materiały nadal działały prawidłowo pod warunkiem, że istniała wystarczająca możliwość osuszenia ściany na zewnątrz budynku.

Ostatnie podniesienie poziomu izolacyjności termicznej i wprowadzenie wymagań dla barier powietrznych zredukowało możliwości wysychania ścian na zewnątrz budynku do tego stopnia, że mankamenty, takie jak przecieki wokół okien, czy penetracja wilgoci pod okładziny wewnętrzne mogą teraz częściej kończyć się zniszczeniem ścian przez działanie wilgoci.

Podsumowując, wymienione poniżej, najważniejsze zmiany zaszły w konstrukcji ścian w ciągu ostatnich 70 lat:

- 1) Zwiększony poziom izolacyjności termicznej
- 2) Zwiększony poziom paroszczelności
- 3) Zwiększony poziom szczelności ścian, minimalizacja przenikania powietrza przez powłoki
- 4) Zredukowanie zdolności do magazynowania wilgoci
- 5) Wprowadzenie materiałów znacznie bardziej wrażliwych na działanie wilgoci

Każdy z tych czynników może zredukować tolerancję ścian budynków mieszkalnych na działanie wilgoci.

Przed rokiem 1970 społeczeństwo nie przejmowało się kosztami energii. Nadmierne przenikanie powietrza i związane z tym straty ciepła stanowiły raczej niewygodę a nie poważny problem. Wprowadzenie oszczędzania energii jako środka redukującego import ropy naftowej, który zainicjowano w latach 70tych poprzedniego wieku.

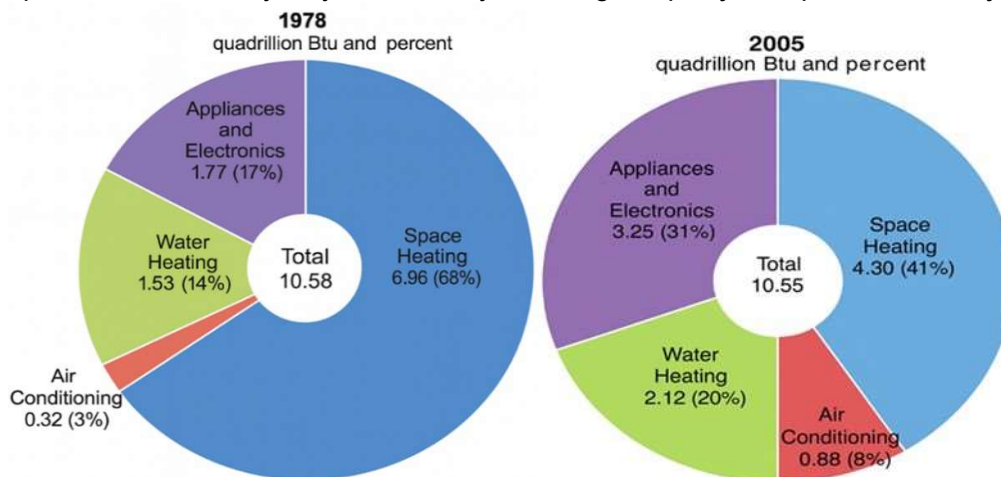
Równoległe z wprowadzeniem wysokowydajnych systemów grzewczych, które eliminują potrzebę budowania wysokich kominów, spowodowano nowy problem – konieczność wymuszenia cyrkulacji powietrza wewnątrz budynku. Obecnie, interakcja powłoki budynku z systemami ogrzewania, wentylacji i cyrkulacji powietrza w strefach przebywania ludzi stały się elementem analizy zespoły projektowego, a określenie „budynek jako system” najlepiej oddaje tę sytuację. Jeśli chodzi o duże budynki, fizyka budowli mówi nam, że każde piętro musi być odizolowane od pozostałych, zatem problemy występujące w dużych budynkach są podobne do tych, pojawiających się w małych konstrukcjach.

### **Czy istnieje wspólny mianownik omówionych powyżej ulepszeń konstrukcji?**

Z punktu widzenia fizyki budowli, kluczem do zrozumienia tych ulepszeń jest słowo **fragmentacja**. Każda z tych zmian, chociaż sama w sobie była pozytywna a jednak miała nieprzewidziane efekty, np. eliminację stosowania trzciny czy pasków drewnianych p pod zewnętrzną warstwą tynku i zastąpienie wapna cementem spowodowało wzrost spękania tynków

i miało wpływ na powstanie problemów z wilgocią; eliminacja tynków wewnętrznych kładzionych na mokro czy wprowadzenie uproszczonych metod instalacji okien spowodował dramatyczny wzrost szczelności i możliwości przenikania powietrza przez powłokę zewnętrzną budynku. Eliminacja kominów dla wyrzucenia gazów spalinowych wprowadziła konieczność redystrybucji powietrza wewnętrznego i Kanadyjski Kodeks Budowlany wprowadził wymaganie wentylacji mechanicznej

Tak więc widzimy znaczny postęp w materiałach budowlanych le często prowadzi on do sprzężonych redukcjach sprawności budynków oraz wzrost komfortu wewnątrz budynku spowodował dramatyczny wzrost zużycia energii cieplnej. Ten problem ilustruje rysunek 1.



Rysunek 1: Pomimo 25% zmniejszenia energii na ogrzewanie mieszkań, całkowite zużycie w roku w budynkach amerykańskich w roku 2005 jest identyczne jak było w roku 1978.

Rysunek 1 przedstawia problem podejścia fragmentarycznego zamiast integracyjnego. Technologia budowlana przeszła już rewolucje technologiczną i zintegrowane podejście rynkowe może dać natychmiastową poprawę, podczas gdy rządy Europy i Ameryki stawiają na zmniejszenie jednego elementu to jest ogrzewania budynków. O poprawnym rozwiązaniu napiszemy w końcowym eseju.

Podczas gdy media bez zająknięcia mówią o zwiększeniu wykorzystania odnawialnych źródeł energii, nie zdają sobie sprawy, że energia odnawialna to jedynie wisienka na torcie. Nie można mówić o dekoracji tortu zanim nie ma się tortu jako takiego. Odnawialne źródła energii nadal reprezentują kroplę w morzu w porównaniu z **brakiem gospodarności energetycznej** budowanych dzisiaj budynków.

### Konieczność kontroli ciśnienia powietrza wewnątrz budynków

Do czasu, kiedy budynki były nieszczelne i słabo zaizolowane, skutki działania systemów HVAC (ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji) na ciśnienie powietrza w budynkach i na trwałość powłoki zewnętrznej była nieznaczną. Nie było konieczności rozumienia zasad, według których powietrze przemieszcza się wewnątrz budynku. Dzisiaj budynki są dobrze zaizolowane i szczelne, i znajomość zasad przepływu powietrza wewnątrz budynku jest konieczna. Określenie różnic ciśnienia, chociaż są one niewielkie i trudne do zmierzenia, jest potrzebne do określenia działania budynku jako systemu. Jest to najprawdopodobniej jeden z kluczowych powodów do zakwestionowania wielu założeń, które zostały opracowane na przestrzeni lat.

Kontrolowanie przepływu powietrza zostało uznane za jeden z krytycznych problemów przy projektowaniu zewnętrznych powłok budynków. Systemy barier zapobiegających przepływowi powietrza przez powłokę są konieczne w celu zapewnienia odpowiedniej pracy powłoki we wszystkich klimatach. Wymagane jest zapewnienie 100% ciągłości barier powietrza przegrody na całej powierzchni ściany. Szczelność powłoki musi być sprawdzana zarówno w trakcie projektowania obiektu jak i w czasie jego budowy.

### **Ocena systemów a nie materiałów**

Ważne jest, aby kłaść nacisk na działanie zbudowanej konstrukcji a nie badanie poszczególnych jej komponentów. Zajmowanie się materiałami jest dużo łatwiejsze. Kodeksy budowlane i normy zawsze przypisują określone funkcje określonym materiałom, ponieważ to jedyny sposób w jaki dokument normatywny może działać. Mamy bariery paroszczelne, powłoki wiatroszczelne, izolacje termiczne, ochronę pożarową, powłoki przeciwdeszczowe, itp.; a wszystkie funkcje budynku są mentalnie powiązane z poszczególnymi materiałami. Jednak są materiały wielofunkcyjne a ponadto w większości przypadków, przegroda jako całość musi spełnić wszystkie funkcje. Projekt architektoniczny i proces budowy są działaniami holistycznymi i wymagają zaangażowania osób wysoko wyspecjalizowanych – w jaki sposób mieliby oni współpracować w tym procesie? Ten aspekt projektowania jest tak ważny, że podkreślamy wagę ciągłego testowania obiektu jako odrębnych czynności w procesie konstrukcji. Takie działanie ma na celu zapewnienie, że koncepcja projektowa jest możliwa do zrealizowania i wszyscy instalatorzy branży nauczą się, co muszą zrobić, aby założone cele projektowe w budynku zostały spełnione.

Wreszcie, jak już ustaliliśmy, przyszłość będzie należeć do budynków „zielonych”. Jakie względy stanowić będą o „zielonej” wartości budynku? Otóż ten problem wymaga osobnego omówienia, które łączy się z integracją niezbędną dla efektywnej dekarbonizacji budownictwa.