



**JAK OSZCZĘDZAĆ ENERGIE
PRZY
OGRANICZONYCH ŚRODKACH
FINANSOWYCH ?**

PROJEKT DEMONSTRACYJNY

**AMERYKAŃSKIEJ AGENCJI ROZWOJU
MIĘDZYNARODOWEGO**

USAID

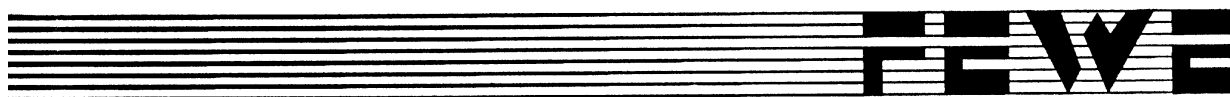
ORAZ

ŚWIATOWEGO FUNDUSZU NA RZECZ ŚRODOWISKA

GEF

KRAKÓW

PAŹDZIERNIK 2000



Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii Centrum w Krakowie

SPIS TREŚCI

PODZIĘKOWANIA	3
PROSTE ZADANIE Z FIZYKI:.....	4
CZY MOŻNA OSZCZĘDZAĆ ENERGIĘ MAJĄC MAŁO PIENIĘDZY?	6
DEMONSTRACJA NISKONAKŁADOWYCH SPOSOBÓW OSZCZĘDZANIA ENERGII CIEPLNEJ - PROJEKT USAID I GEF/SGP	7
OSZCZĘDNOŚCI ENERGII CIEPLNEJ PRZY NIEWIELKICH NAKŁADACH.....	9
PRZYKŁAD: STRATY CIEPŁA PRZEZ NIESZCZELNĄ STOLARKĘ	11
WYMIENIAĆ CZY USZCZELNIAĆ – OTO JEST PYTANIE !	12
INFILTRACJA A PRZEWODZENIE.....	13
NAKŁADY NA TERMOMODERNIZACJĘ OKIEN	16
SZKOŁY - PRZYPADEK SZCZEGÓLNY.....	18
CO I JAK MOŻNA OSIĄGNĄĆ SZYBKO I PRZY NIEWIELKICH NAKŁADACH ?	20
TWORZENIE MIEJSC PRACY.....	23

PODZIĘKOWANIA

Niniejsze opracowanie powstało w ramach projektu Amerykańskiej Agencji Rozwoju Międzynarodowego, USAID, pt. Development of City-Wide Energy Efficiency Plans for Partner Cities, Demonstrations and Professional Strengthening of Local SMEs towards Offering Thermorenovation Services” (grant USAID nr.181-G-00-97-00323), który był realizowany w latach 1997-2000. Istotnego wsparcia finansowego udzielił też Światowy Fundusz na rzecz Środowiska, GEF. Prace były częściowo wykonywane również w ramach badań statutowych Wydziału Paliw i Energii Akademii Górniczo- Hutniczej w Krakowie, nr Umowy 11.210.18.

Szczególnie pragniemy podziękować amerykańskim ekspertom, Panom Larry Markel i George Reeves, którzy współpracowali z nami w latach 1992-2000 służąc nam radą i przekazując nam swoje doświadczenia.

PROSTE ZADANIE Z FIZYKI:

Porównanie strat ciepła przez okna wskutek:

- a) infiltracji powietrza przez nieszczelności
- b) przewodzenia i promieniowania przez szyby

- Jako przykład założmy, że rozpatrujemy pokój o następujących wymiarach:
- Powierzchnia pokoju: $S = 20 \text{ m}^2$,
- wysokość pokoju $h = 2.8 \text{ m}$,
- okno o powierzchni $s = 2.5 \text{ m}^2$,
- współczynnika przenikalności cieplnej: $U = 2.0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
(charakterystyczny dla dobrze zespolonych okien tzw. okien „szwedzkich”, typowych w polskich szkołach)

temperatura zewnętrzna $t_z = -10^\circ\text{C}$,
temperatura wewnętrzna $t_w = +20^\circ\text{C}$, zatem
różnica temperatur $\Delta T = 30\text{K}$

1. Strata ciepła przez infiltrację (wymianę powietrza).

Dla przebywania ludzi w pomieszczeniach potrzebny jest dopływ świeżego powietrza. Polskie normy wymagają jedną wymianę całej objętości powietrza na godzinę. Zapewniają to tradycyjne, dobrze dopasowane okna. Okna plastikowe natomiast są hermetyczne i wymagają uchylania.

Strata ciepła przez wymianę danej masy powietrza m (infiltrację) jest równa:

$$Q_{\text{inf}} = mc_w \Delta T$$

gdzie: c_w , ciepło właściwe powietrza (przy stałym ciśnieniu, $c_w = 1 \text{ kJ/kg} = 1000 \text{ J/kg}$)
Masa powietrza zawartego w naszym pomieszczeniu o objętości $V = S h = 56 \text{ m}^3$ wynosi
 $m = \rho V = 72 \text{ kg}$ (zaskakujące, że aż tyle, prawda?), gdzie przyjęliśmy $\rho = 1.29 \text{ kg/m}^3$.
Zatem przy N wymianach na godzinę mamy:

$$m = N\rho V$$

N - krotna wymiana masy 72 kg ciepłego powietrza (20°C) na zimne (-10°C) spowoduje towarzyszącą jej stratę ciepła równą:

$$Q_{\text{inf}} = N \cdot m \cdot c_w \cdot \Delta T = 72 \text{ kg} \cdot 1 \text{ kJ/kg K} \cdot 30 \text{ K} = 2\,167\,200 \text{ J} \approx 2.2 \text{ MJ}$$

Porównamy tę stratę energii wskutek jednej wymiany masy powietrza w pokoju na godzinę, ze stratą energii przez okno, jaka występuje również w ciągu jednej godziny, wskutek przewodzenia ciepła przez szyby (uśrednionego również z uwzględnieniem ram okiennych) oraz wskutek promieniowania cieplnego, scharakteryzowanych łącznie współczynnikiem U wyrażanym w $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

2. Strata ciepła przez przenikanie przez okno

W tym przypadku policzmy wpierw moc strat ciepła przez okno:

$$P_{rad} = sU\Delta T$$

po podstawieniu wartości liczbowych otrzymamy:

$$P_{rad} = 2.5 m^2 \cdot 2.0 W / m^2 K \cdot 30 K = 150 W$$

Zatem w ciągu jednej godziny ($\Delta t = 3600$ s) ilość ciepła wynosząca

$$Q_{rad} = P_{rad} \Delta t = 540\,000 J = 0.54 MJ$$

3. Termorenowacja

Rozważmy dwa przypadki:

1. Przeprowadzamy jedynie uszczelnienie okien, wskutek czego zmniejszamy krotność wymian powietrza z $N=2$ do $N=1$ ($N=2$ to częsty przypadek źle uszczelnionych okien) i uzyskujemy w ciągu jednej godziny oszczędność energii cieplnej $\Delta Q_{1,inf}$. Przy tym straty przez szyby pozostają bez zmian $\Delta Q_{1,rad} = 0$.

2. Wymieniamy okna na plastikowe, uzyskując taką samą redukcję wymian z $N=2$ na $N=1$ (mniej niż $N=1$ jest niedopuszczalne), $\Delta Q_{1,inf} = \Delta Q_{2,inf}$, oraz redukując współczynnik przenikania z $U = 2.0 W/m^2K$ do $U = 1.3 W/m^2K$ (typowa wartość dla nowoczesnych okien plastikowych, uśredniona po całym oknie z uwzględnieniem ram), przez co uzyskujemy oszczędność energii $\Delta Q_{2,rad}$.

Wyprowadźmy wpierw ogólny wzór ilustrujący stosunek unikniętych strat ciepła w obu przypadkach)

$$\frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1} = \frac{\Delta Q_{2,inf} + \Delta Q_{2,rad}}{\Delta Q_{1,inf} + \Delta Q_{1,rad}} = \frac{\Delta Q_{1,inf} + \Delta Q_{2,rad}}{\Delta Q_{1,inf} + 0} = 1 + \frac{\Delta Q_{2,rad}}{\Delta Q_{1,inf}} = 1 + \beta, \text{ gdzie}$$

$$\beta = \frac{\Delta Q_{rad}}{\Delta Q_{inf}} = \frac{3600[s] \cdot s \Delta U \Delta T}{\Delta N \cdot Shc_w \Delta T} = \frac{3600[s] \cdot s \Delta U}{\Delta N \cdot Sh}$$

z którego widać, że stosunek redukcji strat ciepła nie zależy od różnicy temperatur ΔT , i gdzie

ΔU redukcja współczynnika U w wyniku wymiany okien ($\Delta U = 2.0 - 1.3 = 0.7$)

ΔN zmniejszenie krotności wymian powietrza (np. $\Delta N = 2 - 1 = 1$)

Można przyjąć, że dla pokoi mieszkalnych α jest w przybliżeniu stałe i wynosi

$$\alpha = s/S = 0.12,$$

Zatem w naszym przypadku różnica między tymi dwoma podejściami wyrażająca się poprawką β wyniesie dla pokoi mieszkalnych $\beta = 11.2\%$ dla $N=2$ i $\beta = 5.6\%$ dla $N=3$.

Jak widać podstawowe straty ciepła powodowane są przez nadmierną infiltrację powietrza. Straty przez szyby są niewielkie w porównaniu ze stratami przez nieszczelności, a ponieważ zwykle uszczelnienie stolarki okiennej łatwo sprowadza wymiany powietrza do wielkości wymaganej, nie trzeba uciekać się do wymiany okien na nowe - wystarczy je profesjonalnie uszczelnić.

CZY MOŻNA OSZCZĘDZAĆ ENERGIĘ MAJĄC MAŁO PIENIĘDZY?

**Doświadczenie mówi, że energię marnuje się
przede wszystkim tam,
gdzie brakuje pieniędzy na to, by ograniczyć jej zużycie.**

Mamy tu na ogół do czynienia z zamkniętym kołem niemocy. Na bardzo typowym przykładzie złej stolarki okiennej, wyraża się to stwierdzeniem: "jestem zbyt biedny, by było mnie stać na wymianę okien, więc nic nie mogę zrobić". Częścią zamykającą błędne koło jest dopowiedzenie, że często znaczącym przyczynkiem do tej niedobrej sytuacji materialnej jest wysoki rachunek za ogrzewanie mieszkania spowodowany właśnie złym stanem stolarki. Okna są tutaj dobrym przykładem, gdyż taka sytuacja występuje w polskiej rzeczywistości nader powszechnie. Typową postawą, zwłaszcza wśród mieszkańców zasobów spółdzielczych i komunalnych, a także wśród administratorów budynków utrzymywanych z budżetu, takich jak szkoły, jest **postawa narzekania i wyczekiwania**, że ktoś wreszcie znajdzie środki na rozwiązanie problemu na miarę oczekiwań, tj. w sposób wymagający z reguły bardzo dużych nakładów. Dochodzi często do działań w myśl zasady „im gorzej tym lepiej”, takich jak zaniedbywanie podstawowych wymogów konserwacji i malowania stolarki, lub nawet jej dalszej dewastacji przez nabijanie gwoździ, by udowodnić, że „z tym się nic nie da zrobić”. Tymczasem na ogół tak nie jest. Polscy technicy, przeszkoleni przez Amerykanów w ramach projektu opisanego poniżej, potrafili doprowadzić okna skazane na śmierć techniczną przez dyrekcje szkół lub lokatorów do stanu używalności i wymaganych charakterystyk termicznych, mimo niedowierzania a – często – wręcz mimo protestów użytkowników lub administratorów budynków.

Oczekiwanie na kosztowne rozwiązanie trwa zwykle bardzo długo, a straty się kumulują. Tymczasem, gdyby zamiast oczekiwać, wykonać te zabiegi, na które nas stać w danej chwili, to uniknięte straty uwolnią środki, które były dotąd niepotrzebnie wydawane. Jeśli te środki wyodrębnić - stają się one **zyskiem**, który można kumulować na wykonanie dalszych zabiegów, tych na które pierwotnie nie było nas stać.

Zasadą jaką polecamy przyjąć, jest - wbrew temu co jest powszechnie obserwowaną praktyką

**nie czekać, lecz działać, w ramach obecnych możliwości
gdyż straty się kumulują z roku na rok,**

DEMONSTRACJA NISKONAKŁADOWYCH SPOSOBÓW OSZCZĘDZANIA ENERGII CIEPLNEJ - PROJEKT USAID I GEF/SGP

Niniejszy rozdział poświęcony jest krótkiemu omówieniu projektu Amerykańskiej Agencji Rozwoju Międzynarodowego, USAID, wspartego również przez tzw. Program Małych Dotacji Światowego Funduszu na rzecz Środowiska, GEF/SGP, który miał na celu pokazanie jak w krajach znacznie od Polski bogatszych podchodzi się do oszczędzania energii ciepłej w budynkach w sytuacji ograniczonych środków finansowych. *Projekt* był realizowany w okresie październik 1997 – sierpień 2000 przez Fundację Efektywnego Wykorzystania Energii (FEWE), Centrum w Krakowie, przy wsparciu organizacyjnym i merytorycznym Stowarzyszenia Gmin, Polska Sieć „Energie Cites” (PNEC) i obejmował sześć miast: **Krapkowice, Olsztynek, Nowy Sącz, Lubań, Trzciankę i Białystok**. Grant USAID na realizację *Projektu* wyniósł 546 tys. dolarów USA i był wsparty dodatkowym grantem Global Environment Facility (GEF) w wysokości 25 tys. USD. Sumaryczny wkład do *Projektu* ze strony miast-uczestników miał wynosić 190 tys. USD, jednakże, znacznie przekroczył on tę wartość, co stanowi o sukcesie *Projektu*.

Ze środków *Projektu* wykonano demonstracyjne prace termomodernizacyjne w 12-tu obiektach, w tym w 5-ciu wielorodzinnych budynkach mieszkaniowych i 7-miu budynkach użyteczności publicznej (szkoły, ośrodki zdrowia, przedszkola), osiągając duże oszczędności energii cieplnej przy niewysokich nakładach. Szczególną miarą sukcesu jest uznanie prac wykonanych na jednym z budynków *Projektu* w Nowym Sączu za „**Modernizację Roku 1999**” w czwartej edycji konkursu Urzędu Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast i SARP.

Projekt pozwolił wyszkolić łącznie 88 lokalnych techników, w większości bezrobotnych. Powstało osiem małych wyspecjalizowanych firm, kilka istniejących poszerzyło swoją ofertę. Zdobyte zostało doświadczenie i powstał potencjał wykonawczy.

Innymi słowy - ***Projekt stworzył szansę*** – taka była jego misja.

Oczywiście, dalsze wykorzystanie możliwości stworzonych przez *Projekt*, będzie dla instytucji wspierających działania proekologiczne, miarą aktywności i wiarygodności władz miasta i będzie określać celowość wspomagania ich przyszłych inicjatyw - zgodnie z regułą, że najchętniej pomaga się tym, którzy potrafią tę pomoc dobrze wykorzystać.

Oprócz prac demonstracyjnych i szkolenia, wykonano badania ankietowe i obliczenia potencjalnych oszczędności energii możliwych do osiągnięcia w skali całego miasta przy użyciu metod nie wymagających wysokich nakładów.

Tabela 1 zestawia, dla miast uczestniczących w Projekcie, wyniki jakie mogą być uzyskane w *skali całego miasta* w rezultacie **tylko jednego z niskonakładowych** zabiegów termomodernizacyjnych, **jakim jest profesjonalna naprawa i uszczelnienie stolarki okiennej**. Tabela zawiera: (a) potencjał oszczędności energii cieplnej (POE), (b) odpowiadający mu potencjał oszczędności finansowych (POF). Ponadto tabela 1 przedstawia w kolumnie (c) potencjał nowych miejsc pracy (PMP), jaki byłby potrzebny dla zrealizowania programu niskonakładowej termomodernizacji stolarki okiennej w skali całego miasta. Potencjał ten jest wyrażony w liczbie lat potrzebnych dla realizacji takiego programu przez *jednego wykwalifikowanego* pracownika (osobo-lata, OL). Dla przykładu, w Białymstoku tylko naprawa stolarki okiennej dałaby pracę 100 bezrobotnym przez niemal 12 lat lub 200-tu przez około 6 lat i przyniosła docelowo oszczędności około 50 mln. złotych rocznie w kosztach energii, nie licząc podatków płaconych przez utworzone firmy i zmniejszenia wydatków na zasiłki dla bezrobotnych.

Tabela 1.

Miasto	POE [GJ/rok]	POF [tys.PLN/rok]	PMP [OL]	Bezrobocie [%]	Ludność miasta [tys].
Krapkowice	240 265	6 007	151	5,0	20
Olsztynek	63 705	1 593	45	18,0	14
Lubań	71 847	1 796	73	6,4	24
Trzcianka	107 603	2 690	99	13,0	18
Nowy Sącz	579 706	14 493	469	5,2	84
Białystok	1 953 622	48 841	1 164	4,3	284

Dodatkowo, jeśli założyć, że dotychczasowi bezrobotni, przy zapewnieniu frontu robót i osiągnięciu pełnej wydajności zarabia 1800 zł miesięcznie brutto - jak to przyjęto w poniższych oszacowaniach kosztów robocizny - lokalna gospodarka zostanie zasilona poważną siłą nabywczą. Dla Białegostoku jest to ponad 25 mln złotych! Należy przy tym zaznaczyć, że przytoczone wyżej liczby stanowią jedynie ostrożne, dolne granice oszacowań. Widać, że możliwości są olbrzymie.

Wysiłek rozpoczęty *Projektem* wart jest kontynuowania i naśladowania.

OSZCZĘDNOŚCI ENERGII CIEPLNEJ PRZY NIEWIELKICH NAKŁADACH

W latach 1992-1994 przeprowadzony został w Krakowie projekt finansowany przez USAID, który miał na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery pochodzących z niskich źródeł. Wówczas to eksperci z firm amerykańskich, którym przewodzili panowie Lawrence Markel i George Reeves, zademonstrowali podejście, które stosowane jest w USA w sytuacjach ograniczoności środków, jakie mogą być przeznaczone na inwestycje zmniejszające zużycie energii cieplnej dla celów grzewczych. Polscy inżynierowie i technicy zostali przeszkoleni przez ekspertów i techników amerykańskich, którzy w tym celu zostali sprowadzeni na pewien czas do Krakowa. Prace prowadzone na jednym z osiedli krakowskich pokazały, że nieskomplikowane i niekosztowne zabiegi, prowadzą do oszczędności rzędu kilkunastu procent z okresem zwrotu około 3-4 lat, a zatem są to przedsięwzięcia opłacalne i dające poważne efekty. Do takich zabiegów należy zaliczyć przede wszystkim:

- naprawę i uszczelnienie stolarki okiennej i drzwiowej,
- likwidację zbędnych przeszkleń, zwłaszcza w postaci luksferów;
- docieplenie wskazanych przez audyt ścian zewnętrznych, które charakteryzują się dużymi stratami ciepła, zwłaszcza tych (ze względu na koszty), które nie przekraczają 3-ch kondygnacji i nie posiadają struktury wymagającej czasochłonnych obróbek,
- izolację stropów nad ostatnią kondygnacją,
- instalację ekranów grzejnikowych,
- instalację automatyki pogodowej
- szereg innych zabiegów, które nie wymagają dużych nakładów, a które mogą być określone na podstawie wnikliwej inspekcji budynku przez doświadczonego fachowca.

Jednakże, aby tego typu zabiegi przyniosły oczekiwane rezultaty w postaci oszczędności uzyskiwanych przy niewysokich kosztach inwestycji, musi zostać spełnionych kilka warunków, do których należą:

- profesjonalne określenie potencjału oszczędności energii w korelacji z kosztami ich uzyskania oraz określenie hierarchii prac i kolejności ich wykonywania,
- profesjonalizm wykonania, wymagający przeszkolenia techników w zakresie wykonywanych prac i zdobycia przez nich dostatecznego doświadczenia,
- organizacja przedsięwzięć w taki sposób, by o kosztach prac decydował efekt skali, co oznacza organizowanie przedsięwzięć przez duże jednostki (spółdzielnie mieszkaniowe, władze samorządowe, oświatowe itp.),

- zapewnienie ekipom wykonawczym profesjonalnego sprzętu odpowiednio wysokiej klasy,
- profesjonalny dobór właściwych materiałów i ich zakup w ilościach pozwalających na uzyskanie odpowiednio niskich cen jednostkowych,
- profesjonalny nadzór nad jakością prac i monitoring rezultatów.

Na pierwszy rzut oka, podejście zalecające w pierwszej kolejności proste, niskonakładowe zabiegi, wydaje się być bardzo uproszczone, zwłaszcza że od amerykańskich specjalistów spodziewano się przede wszystkim bardzo zaawansowanych technologicznie propozycji - i takie właśnie były oczekiwania polskiej ekipy. Jednakże rezultaty projektu krakowskiego wykazały, że nawet proste i tanie rozwiązania mogą być zaskakująco efektywne.

Obserwacje prowadzone przez zespół realizujący *Projekt* we współpracy ze specjalistami amerykańskimi po zakończeniu projektu w Krakowie, przedstawiły niepokojący obraz. Nader często inwestycje mające doprowadzić do oszczędności finansowych poprzez oszczędność energii, prowadzone są niejako „od końca”, zaczynając od inwestycji bardzo kosztownych, które posiadają długie okresy zwrotu, a nieraz – z punktu widzenia oszczędności energii – nie zwrócą się nigdy. Często inwestycja finansowana jako energooszczędnościowa jest tak naprawdę inwestycją, w której oszczędność ciepła jest raczej efektem ubocznym, a celem przeważającym jest, na przykład, estetyka.

Nie jest to podejście naganne samo w sobie, zwłaszcza jeśli inwestycja, np. remont elewacji, musi być wykonana tak czy owak z innych względów. Wówczas niewykorzystanie okazji na docieplenie ściany byłoby ewidentną stratą. Jednakże w sytuacji, gdy taki sam, lub prawie taki sam, efekt energetyczny można osiągnąć przy znacznie niższych nakładach – a środki finansowe są potrzebne dla zaspokojenia innych ważnych potrzeb - sprawa wymaga głębokiego zastanowienia.

Niestety, w Polsce drastyczny i powszechny brak środków finansowych idzie bardzo często w parze z ignorowaniem możliwości znacznie bardziej efektywnego ich wykorzystania dla ograniczenia wydatków na energię.

Sytuacja taka ma kilka przyczyn:

- Brak świadomości u przedstawicieli administracji różnych szczebli, że istnieją skuteczne sposoby uzyskiwania oszczędności energii cieplnej, nie wymagające znacznych nakładów, a przynoszące istotne oszczędności z niewielkim czasem zwrotu,
- Zakorzenione przekonanie, że proste sposoby, takie jak uszczelnianie stolarki, to domena, którą należy pozostawić majsterkowaniu samym lokatorom, a zajmowanie się nimi przez administrację nie odpowiada jej poziomowi decyzyjnemu,

- Przekonanie, że są to metody nieskuteczne. Pochodzi ono głównie stąd, iż dotychczas, z reguły, prace takie wykonywane były sposobami domowymi, nieprofesjonalnie, bez użycia odpowiednich materiałów i narzędzi, co w rezultacie prowadziło do trudno zauważalnej poprawy i sprzyjało powstaniu wspomnianego wyżej przekonania,
- Brak przykładów demonstracyjnych, wykazujących, że przy profesjonalnym wykonaniu takich prac, dają one pożądane efekty, przy stosunkowo niskich kosztach,
- Brak lokalnego profesjonalnego potencjału wykonawczego, w postaci małych firm, które mogłyby oferować usługi w tym zakresie.

PRZYKŁAD: STRATY CIEPŁA PRZEZ NIESZCZELNĄ STOLARKĘ

Dla wyskalowania danych, dotyczących strat energii cieplnej poprzez nadmierną infiltrację powietrza przez nieszczelności stolarki okiennej oraz sprawdzenia skuteczności uszczelniania i napraw stolarki metodami stosowanymi w Projekcie, przeprowadzono pomiary infiltracji przed i po wykonaniu doszczelnienia. Pomiary wykonano dwiema metodami: metodą chromatografii gazowej oraz metodą wymuszania różnicy ciśnień, tzw. „blower door”. Wykonali je odpowiednio naukowcy z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz Politechniki Warszawskiej.

Pomiary wykonane **po uszczelnieniu** wykazały, iż profesjonalna naprawa stolarki okiennej daje **całkowicie zadowalające** rezultaty, tzn. doprowadza stolarkę okienną do stanu wystarczającej i wymaganej szczelności. Jest to niezwykle ważne potwierdzenie przez pomiar faktu, iż - pod względem zmniejszenia infiltracji powietrza - **profesjonalna** naprawa i uszczelnienie stolarki daje praktycznie **TAKIE SAME wyniki jak wymiana okien na nowe**. Co więcej, w praktyce większym **problemem jest uniknięcie nadmiernej szczelności**, niż niedoszczelnienie. Do sprawy tej powrócimy jeszcze poniżej.

Jednocześnie, by uzyskać możliwość szacunkowej ekstrapolacji tych wyników bez konieczności wykonywania dalszych pomiarów, z mieszkańcami przeprowadzono wywiady dla określenia ich subiektywnej oceny pod kątem odczuwanego wychłodzenia z powodu nieszczelności stolarki okiennej. Oceny mieszkańców można było z dobrym przybliżeniem skorelować z wartościami zmierzonych metodą chromatografii krotności wymian powietrza na godzinę, jak to obrazuje Tabela 2.

Tabela 2.

GRUPA	OCENA MIESZKAŃCÓW	POMIAR
0	„nie wieje”, „raczej nie wieje” lub „nie wiem”	poniżej 1.25
1	„czasem wieje”	pomiędzy 1.25-1.75
2	„wieje odczuwalnie”	pomiędzy 1.75-2.25
3	„wieje odczuwalnie i jest zimno”	pomiędzy 2.25-2.75
4	„bardzo wieje, trudno wytrzymać”	powyżej 2.75

Należy tutaj zwrócić uwagę, że - z natury rzeczy – ocena infiltracji jest obarczona błędem oszacowania, tak jak każda inna mierzona wielkość. Mimo iż jest to ocena przybliżona, była ona cenną wskazówką przy szacowaniu infiltracji na podstawie wizji lokalnej, oględzin i wywiadów z użytkownikami innych obiektów.

WYMIENIAĆ CZY USZCZELNIAĆ – OTO JEST PYTANIE !

Jest to często spotykany dylemat indywidualnych mieszkańców, administratorów osiedli czy władz gmin. Odpowiedź jest prosta: „to zależy”. Zależy od stanu stolarki i od stanu kieszeni. W Polsce funkcjonuje powiedzenie „*jestem zbyt biedny bym mógł sobie pozwolić na półśrodki*”. Jest to często prawda. Jednakże przynajmniej równie często jest to wypowiadany bez namysłu niesłuszny komunał. Zastanawiać musi, że światowymi liderami w stosowaniu uszczelniania okien jako środka zaradczego są Szwedzi i Duńczycy, północne stany USA. Oni też przodują w rozwoju nowych materiałów i technologii w tym zakresie, bynajmniej nie są to biedne lecz najbogatsze kraje świata.

W Polsce dominuje stanowisko „wymieniać”, jeśli tylko znajdą się na to środki, bądź własne, bądź – co ma najczęściej miejsce – **podatnika**. Doświadczenie zebrane w czasie *Projektu* dostarczyło zespołowi realizującemu *Projekt* obszernej ewidencji na poparcie tej obserwacji.

Niestety, zdarza się też, wcale nie rzadko, że stolarka okienna jest doprowadzana do bardzo złego stanu przez zaniedbywanie bieżącej konserwacji, a nieraz celową dewastację, przy założeniu, że pomoże to wymusić na decydentach wymianę okien na nowe. Musimy tu przytoczyć wielce pouczające zalecenie jednego z amerykańskich ekspertów, który odwiedził z nami taką szkołę: „tutaj przede wszystkim polecam **wymienić nie okna lecz dyrekcję**”.

Celem poniższych rozdziałów jest dostarczenie osobom zainteresowanym informacji, która pomoże im podjąć właściwą decyzję, opartych na obliczeniach i doświadczeniach zdobytych w trakcie *Projektu*.

INFILTRACJA A PRZEWODZENIE

Pierwsza zasadnicza uwaga, jaką należy uczynić przy rozważaniu termomodernizacji stolarki okiennej, dotyczy proporcji pomiędzy stratami ciepła przez

- (a) nieszczelności stolarki (infiltracja powietrza),
- (b) straty transmisyjne przez szybę wraz z ramą (przenikanie ciepła)

Jest to rzecz, która bardzo rzadko jest brana pod uwagę, choć powinna mieć kluczowe znaczenie przy podejmowaniu decyzji dotyczących naprawy lub wymiany stolarki.

(a) Szczelność stolarki.

Najpierw kilka wyjaśnień.

(i) W typowych polskich budynkach, nie posiadających systemów wymuszonego nawiewu, stolarka okienna nie może być idealnie szczelna, gdyż wymiana powietrza jest konieczna dla przebywania ludzi w pomieszczeniu. Dla potrzeb orientacyjnych oszacowań przyjmijmy zalecaną przepisami jedną wymianę objętości powietrza w pomieszczeniu na godzinę. Stan okien starych, nie uszczelnionych, jest zwykle taki, że w praktyce mamy do czynienia się z krotnością wymian większą od wymaganej, co prowadzi do niepotrzebnych strat ciepła. W średnich zimowych warunkach pogodowych jest to często jedna lub więcej *dodatkowych* wymian powietrza na godzinę. Z kolei, okna uszczelniane nieprofesjonalnie częstokroć redukują wymianę powietrza wielokrotnie za dużo, co może doprowadzić nawet do niebezpiecznych sytuacji, zwłaszcza gdy w mieszkaniu znajdują się urządzenia gazowe (potwierdziły to pomiary wykonane w ramach opisanego powyżej *Projektu*).

(ii) Szczególną uwagę należy zwrócić na okna nowe (zwykle z zespolonymi szybami), które po zamknięciu są praktycznie **zupełnie szczelne**. To jest potencjalnie groźna **wada**, a nie zaleta. To, że można w nich stosować mikrouchyły jest w mieszkaniach wyposażonych w urządzenia gazowe rozwiązaniem niewystarczającym. W takich przypadkach należy stosować jedynie okna z wmontowanymi nawiewnikami. Podraża to jednak znacząco cenę okien.

(iii) Instalacja nowoczesnych superszczelnych okien może też przynieść efekt energetyczny odwrotny od zamierzonego, jeżeli nie towarzyszy jej inwestycja po stronie regulacji. W ramach programu ECOCAMPUS Unii Europejskiej w jednej z polskich uczelni zbadano dla celów porównawczych zużycie energii cieplnej w dwóch identycznych domach studenckich. Stwierdzono, że po wymianie nieszczelnej stolarki na nową w jednym z nich, zużycie energii wzrosło zamiast zmaleć. Przyczyna leżała w braku zaworów termostatycznych, gdyż jedynym sposobem regulacji temperatury stało się uchylanie okien, powodując większą infiltrację powietrza i wyziewanie pomieszczeń niż poprzednia

„regulacja” przez nieszczelność stolarki.

(iv) Jak już było wspomniane, profesjonalne uszczelnienie stolarki, połączone z likwidacją szczelin pomiędzy ościeżnicą a murem, prowadzi do uzyskania pożądanej szczelności - problemem jest raczej uniknięcie nadmiernej szczelności niż jej brak. Zatem, jeżeli chodzi o likwidację nadmiernej infiltracji powietrza, wymiana i uszczelnienia stolarki przynoszą praktycznie taki sam efekt energetyczny.

(b) Straty przez przewodnictwo ciepłe

(i) w literaturze fachowej i w zaleceniach dla audytorów przyjmuje się, że współczynnik U dla tradycyjnych okien wynosi $U = 2.6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dla okien ze zwykłą szybą zespoloną wypełnioną powietrzem producenci podają wartości $U = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$, a dla szyb wypełnionych gazem szlachetnym $U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jednakże należy pamiętać, że współczynniki U , uśrednione dla całego okna z uwzględnieniem ram, są wyższe i wynoszą odpowiednio $1.6\text{--}1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ i $1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

(ii) Przeważające w Polsce okna, to okna osadzone w budownictwie lat 1960–1990. Są to okna zespolone, często potocznie zwane oknami „szwedzkimi”, których skrzydła są skręcone ze sobą przy pomocy śrub, tworząc warstwę powietrza o grubości około 2-3 cm, zamkniętą między szybami. W swej idei – jeśli założyć, że okna są wykonane starannie, powinny one niewiele ustępować oknom z szybą zespoloną wypełnioną powietrzem. Dla potrzeb zgrubnych oszacowań przyjmijmy dla nich orientacyjnie wartość $U = 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

(c) Porównanie strat przez infiltrację i przewodnictwo.

Dla prostoty rozważmy pokój o powierzchni 20 m^2 i wysokości 2.8 m, mający typowe okno o powierzchni 2 m^2 . Można łatwo policzyć, że przy temperaturze zewnętrznej -20°C i wewnętrznej $+20^\circ\text{C}$, infiltracja zimnego powietrza, powodująca jedną wymianę jego objętości na godzinę unosi 2.7-2.9 MJ energii cieplnej (w zależności od ciśnienia powietrza). Zatem, każda **zbyteczna** wymiana jednej objętości powietrza na godzinę unosi prawie 3 MJ energii, dwie wymiany unoszą około 6MJ itd. Tymczasem równie łatwo można policzyć, że straty przez przewodzenie ciepła przez nasze okno o $U=2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, przy tej samej różnicy temperatur, wynoszą 0.56 MJ/godz. Co to oznacza? Oznacza to, że nawet gdyby zastąpić okno nowym, o oszkleniu **zupełnie nie przewodzącym** ciepła (oczywiście takie okno nie istnieje), to oszczędność energii stąd wynikająca będzie stanowić jedynie **19%** oszczędności jaką uzyskamy redukując infiltrację powietrza z dwóch wymian na godzinę, do wymaganej jednej. W praktyce, gdyby dla realnego okna przyjąć zgodnie z reklamą nawet tylko $U=1.1$, to

w porównaniu z oknem o $U=2.0$, straty przez przewodzenie wyniosą zaledwie **8.5%** strat przez infiltrację; jeśli natomiast przyjąć, że z trzech wymian na godzinę schodzimy do zalecanej jednej (zapewnia to fachowe uszczelnienie okien), to stosunek ten zmaleje do zaledwie **4.25%** !

Zaznaczmy tu, że powyższe proporcje nie zależą od przyjętej w powyższym przykładzie różnicy temperatur i w większości przypadków nie zależą też od wielkości pomieszczenia, jako że stosunek powierzchni okien do powierzchni pomieszczeń waha się zwykle w granicach kilkunastu procent.

Konkludując zatem: Wymiana okien **jedynie** dla zmniejszenia strat przez przenikanie ciepła przez oszklenie mogłaby mieć sens tylko tam, gdzie naprawa przewyższa koszty wymiany, co jest rzadkością, lub w przypadku stolarki w dobrym lub bardzo dobrym stanie, czyli tam gdzie nie ma zbędnej infiltracji (jednakże trudno jest uzasadnić wymianę stolarki na nową, jeśli dotychczasowa znajduje się w dobrym stanie).

Zatem faktycznym dylematem, przed jakim stają władze gminne lub spółdzielcze jest: Czy **obecnie** wymienić okna w **jednym** bloku, czy *naprawić* w trzech lub w **pięciu**, a częstokroć nawet w ośmiu, uzyskując przy tym praktycznie taki sam efekt energetyczny. Jak bowiem wykazują doświadczenia *Projektu*, takie są relacje cenowe pomiędzy profesjonalną renowacją stolarki a wymianą stolarki na nową. Należy pamiętać także, że w nowoczesnej stolarce, tak jak w przypadku komputerów, następuje szybki postęp: za kilka lat drogie dzisiaj okna, będą tanie, a do użytku wejdą nowe generacje okien z automatycznie działającymi nawiewnikami. Jednakże, stolarki raz wymienionej nie zmienia się tak łatwo jak sprzętu elektronicznego.

Do powyższych rozważań na temat szczelności stolarki należy dodać jeszcze dwa problemy:

(i) Problem hałasu. Wbrew pozorom, uszczelnienie stolarki przynosi **takie same** efekty jak wymiana stolarki jeśli chodzi o penetrację hałasu. Wyjaśnia to podstawowe zjawisko fizyczne, jakim jest ugięcie (dyfrakcja) fal na szczelinie (efekt Younga). Nawet minimalny uchyl (konieczny przecież) powoduje „wnikanie” hałasu do środka. Innymi słowami, okna profesjonalnie uszczelnione i okna wymienione są pod względem akustycznym jednakowo dobre, jeśli są (dobrze) zamknięte - i równie złe, jeśli są otwarte lub uchylone. Przy danej grubości szyb, różnica mogłaby zaistnieć, gdyby między szybami znajdowała się próżnia; ale takich szyb zespolonych nie ma w normalnej sprzedaży.

(ii) Problem zagrzybienia. Oddychanie ludzi, gotowanie posiłków, pranie, mycie naczyń, powodują wydzielanie pary wodnej. Jeśli okna są zbyt szczelne, koncentracja pary wodnej w pomieszczeniu staje się zbyt duża i powstaje groźne dla zdrowia ludzi zagrzybienie, tym bardziej zdradliwe, że w początkowej fazie niezauważalne. Gdy już staje się widoczne, jego usunięcie wymaga przeważnie dość kosztownych zabiegów. Dotyczy to zarówno nieprofesjonalnego uszczelnienia stolarki, jak superszczelnych okien.

NAKŁADY NA TERMOMODERNIZACJĘ OKIEN

Doświadczenia *Projektu* pozwoliły ustalić orientacyjne średnie koszty napraw i uszczelnienia stolarki w poszczególnych klasach szczelności opisanych powyżej. Wyniki uzyskane z praktycznych oszacowań dla Nowego Sącza przedstawione są w poniższej tabeli jako średnie nakłady w PLN na renowację z uszczelnieniem 1 m² okna w danej grupie.

Tabela 3.

Typ okna	Typ Inwestycji	klasa szczelności „przed” termomodernizacją				
		0	1	2	3	4
Okna skrzynkowe	Uszczelnienie skrzydeł	0	54,4	90,4	135,2	180,0
	Uszczelnienie obu par skrzydeł	0	108,8	180,8	270,4	360,0
Okna szwedzkie	Uszczelnienie skrzydeł	0	54,4	90,4	135,2	180,0
	Uszczelnienie oraz hermetyzacja	0	64,8	100,0	146,4	191,2
Okna nowe	Wymiana	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0

Powyższa tabela wymaga kilku komentarzy:

(i) Podane ceny jednostkowe nie obejmują malowania stolarki z wyjątkiem przypadku opisanego poniżej w punkcie (iii). Nie obejmują też mycia szyb przed ostateczną hermetyzacją. Zakładając „normalny” stan okna, malowanie dodaje do wykazanych cen 1,06 roboczogodziny, 0,092 dm³ szpachlówki i tyle samo farby nawierzchniowej, papier ścierny 0,54 arkusza, 0,099 farby podkładowej oraz 0,043 dm³ benzyny do lakieru, co daje łącznie kwotę 22,5-25,0 PLN/m², przy czym to ostatnie oszacowanie oparte jest o wskaźniki KNR 4-01, tablica 1209, i może się różnić w zależności od stanu okna i lokalnych kosztów robocizny, a także narzutu firm, jeśli malowanie zostanie powierzone zewnętrznej firmie. Należy jednak pamiętać, że przy użyciu współczesnych lakierów podkładochłonnych, starannie wykonane malowanie wystarcza na **minimum 10 lat**. Oczywiście, stolarka plastikowa nie wymaga malowania. Jednakże, m.in. ze względu na długofalową ochronę środowiska, a też względy estetyczne i termiczne, w krajach zachodnich występuje wyraźna tendencja odchodzenia od

tworzyw sztucznych i aluminium w stolarence okiennej i powrót do drewna. Ta stolarka będzie też z czasem wymagać konserwacji, co niweluje różnicę między konserwacją istniejącej i zainstalowaniem nowej, drewnianej.

(ii) W przypadku okien skrzynkowych uszczelnienie jednej pary skrzydeł daje na ogół wystarczający rezultat, jeżeli chodzi o zmniejszenie infiltracji powietrza. Zwykle rekomenduje się uszczelnienie wewnętrznej pary, co zimą zapobiega zaparowywaniu szyb skrzydeł zewnętrznych. Jednakże, uszczelnienie obu par skrzydeł przynosi dodatkowe efekty w postaci, zmniejszenia penetracji pyłów do przestrzeni między skrzydłami oraz dalszego zmniejszenia strat przez przenikanie ciepła i penetracji hałasu.

iii) Dominującym w Polsce typem okien są okna zespolone (zwane „szwedzkimi”). Stanowią one pierwowzór i namiastkę okien z szybami zespolonymi. Warstwa powietrza o grubości około 2-3 cm zostaje zamknięta między dwiema szybami osadzonymi w osobnych, skręcanych ze sobą ramach. Jeśliby przyjąć, że przestrzeń między szybami jest zamknięta hermetycznie, to okno takie nie ustępowałoby niczym oknu z szybą zespoloną z wypełnieniem powietrznym. Jednakże w przypadku okien spotykanych w Polsce zespolenie nigdy nie jest hermetyczne, co powoduje, iż: w warstwie wewnętrznej występuje konwekcyjny ruch powietrza, zmniejszający izolacyjność warstwy.

Do przestrzeni międzyszybowej wnika też kurz, co prowadzi do konieczności mycia szyb od wewnątrz, połączonego z rozkręcaniem okien, równie często jak mycia ich od strony pomieszczenia i strony zewnętrznej.

Te wady dają dużą praktyczną przewagę szybom zespolonym, tym bardziej, że wraz z kolejnymi rozkręcaniem okien poluzowują się lub niszczą śruby skręcające, tak że po kolejnych skręceniach przestrzeń między szybami staje się coraz mniej szczelna, a same ramy ulegają wypaczeniu.

Zatem, w przypadku okien typu „szwedzkiego” bardzo ważnym elementem termomodernizacji jest hermetyzacja przestrzeni międzyszybowej, zarówno dla zmniejszenia strat ciepła, przedłużenia żywotności stolarki, jak i ze względów praktycznych. W opisanym powyżej *Projekcie* poświęcono temu problemowi dużą uwagę, jako że okna takie stanowią w Polsce większość stolarki wymagającej naprawy, która to naprawa jednocześnie może przynieść duże oszczędności energii przy niewielkich nakładach.

Przy właściwie wykonanej hermetyzacji, można osiągnąć parametry transmisyjne praktycznie równe szybom zespolonym wypełnianym powietrzem. Zespół realizujący *Projekt* opracował podejście zapewniające szczelność przestrzeni międzyszybowej tak wysoką, że po zespoleniu

nie ma potrzeby rozkręcania okna przez wiele lat. Oszczędza to czas tracony dotąd na mycie okien i - co więcej - przedłuża ich żywotność. W związku z tym, przed ostatecznym skręceniem ram należy bardzo starannie wyczyścić szyby od strony wewnętrznej oraz pomalować wewnętrzne części stolarki.

SZKOŁY - PRZYPADEK SZCZEGÓLNY

Powyższe uwagi do Tabeli 3 dotyczyły wszelkiego rodzaju budownictwa. Jednakże szkoły, szczególnie ważne z punktu widzenia władz gminy, mają swoją specyfikę wymagającą oddzielnego omówienia. W szczególności:

1. krotność wymiany powietrza jest tutaj określona wymaganiem 20 metrów sześciennych na osobę w ciągu godziny, co daje 15 m sześć. na 45 minutową godzinę lekcyjną na jednego ucznia w klasie.
2. stosunek powierzchni okien do powierzchni pomieszczeń jest znacznie większy niż w przypadku mieszkań i sięga typowo 30-50% (w porównaniu z 10-15%)
3. konieczność wymiany oszklenia okien, wskutek wybijania lub rozbicia szyb jest z reguły znaczącym składnikiem kosztów utrzymania szkoły. Wywiady przeprowadzone w czasie realizacji *Projektu* wykazały, że w skali rocznej wymienia się nawet do 20% szyb. Jest to szczególnie ważna obserwacja, zważywszy że wymiana szyby zespolonej jest **kilkakrotnie droższa** od wymiany szyby zwykłej.

Obserwacje przeprowadzone w wielu szkołach jeszcze w fazie przygotowawczej *Projektu* wykazały, że największe straty ciepła, którym można łatwo i przy niewielkich nakładach zapobiec, pochodzą ze złego stanu stolarki okiennej. Wyliczmy główne przyczyny, przyjmując (jedynie dla ustalenia uwagi) najczęściej spotykany typ okien, jakimi są okna „szwedzkie”, składające się typowo, w części górnej, z dużych skrzydeł (na przykład ok. 1.5m x 1.5m), a w części dolnej z mniejszych wywietrzników (ok. 30-40 cm wys., 50-60 cm szer.), uchylnych wokół osi poziomej. Zaznaczamy, że posłużenie się tym przykładem nie wpływa na ogólność wniosków przytoczonych poniżej.

- Duże skrzydła okien ze względu na swój ciężar i zbyt słabe zawiasy są poluzowane i dlatego jest je ciężko zamykać. Często z tego powodu są pozabijane gwoździemi, co należy uznać za wandalizm, gdyż w ostateczności, okna te można było raz porządnie zamknąć i zdjąć klamki, by uczniowie przy nich nie manipulowali.
- Ponadto, duże skrzydła - jeśli nie zabite gwoździemi - zwykle zamykane są tylko na dolną klamkę, gdyż górna znajduje się zbyt wysoko, by do niej sięgnąć bez drabiny lub krzesła. Utrzymywanie takiego stanu prowadzi do trwałego wypaczenia skrzydła i wynikającej stąd, zwykle bardzo dużej nieszczelności. Należy zauważyć, że nawet nie najlepszej jakości stolarka nie musi być doprowadzana do takiego stanu, jeśli administracja szkoły należycie dba o jej stan techniczny.

- Wywietrzniki (lub inne dolne części okien) są bardzo często pozbawione okapników, co prowadzi do przenikania deszczu do środka i przyspieszenia butwienia stolarki. Tymczasem, prosty i niekosztowny zabieg mógłby temu zapobiec.
- Ograniczniki wywietrzników (zwykle grzebieniowe) są usunięte, odgięte lub zepsute, co uniemożliwia regulację uchylu, a bardzo często (wręcz nagminnie) prowadzi do rozbicia szyby, gdyż przy próbie otwarcia wywietrznik opada całym ciężarem na parapet. Jednocześnie powoduje to uderowe obluzowywanie zawiasów, co z kolei prowadzi do trudności z zamykaniem i powiększania nieszczelności.
- Charakterystyczna - i paradoksalna zarazem - jest moda zastawiania parapetów przy wywietrznikach kwietnikami i różnego typu przedmiotami, co utrudnia lub uniemożliwia ich uchylanie w celu wentylacji, mimo że wywietrzniki do tego właśnie celu zostały zaprojektowane.
- Równie charakterystyczna i trudna do uzasadnienia jest moda na używanie długich - sięgających podłogi - firanek lub zasłon, skutecznie odgradzających grzejniki od wnętrza pomieszczeń, co prowadzi do pokaźnych strat ciepła.
- Wszelkie okna „szwedzkie”, dominujące w polskich szkołach, niemal w 100 procentach są niewłaściwie, (niestarannie) skręcane, lub praktycznie w ogóle nie skręcane. Często głowice śrub skręcających zostały zamalowane lakierem, utrudniając lub uniemożliwiając ich odkręcenie śrubokrętem. Brakujące śruby, są rzadko uzupełniane, co prowadzi do stopniowego odkształcania ram okna.
- Okna są nie malowane zwykle przez wiele lat, co powoduje ich przyspieszone niszczenie. W przypadku malowania natomiast, z reguły nakładane są niechlujnie kolejne warstwy lakieru, prowadząc do zalepiania przylg (felców) i, wynikającego stąd, niedopasowania skrzydeł do ościeżnic, trudności w zamykaniu, a w rezultacie strat ciepła.
- Drzwi wejściowe do budynku, jeśli są stare, rzadko kiedy są wyposażone w samoczynne zamykacze, choćby najprostszej konstrukcji.

Wymienione powyżej czynniki, są dominującym źródłem strat energii cieplnej w budynkach szkolnych. Oczywiście, znaczącym przyczynkiem są również starty przez niedostatecznie zaizolowany strop, ściany o niedostatecznych parametrach termicznych, niesprawny układ grzewczy, brak możliwości regulacyjnych, itp. Większość takich inwestycji wymaga poważniejszych nakładów, na które gminy nie często stać - zwłaszcza, gdyby chciały zadowolić wszystkie podległe im szkoły. Tymczasem, olbrzymie oszczędności energii i pieniędzy, można osiągnąć kierując się pragmatyzmem i wykorzystując te sposoby, na które pozwalają dostępne środki, sposoby proste i tanie, choć wymagające z jednej strony:

- **profesjonalnego wykonawstwa prac**, co w miastach, które brały udział w Projekcie zostało umożliwione przez wyszkolenie odpowiednich fachowców, a z drugiej
- **zaangażowania administracji szkoły** w to, by wyniki tych prac nie zostały unicestwione przez brak zainteresowania, dbałości lub nadzoru.

Na ten drugi aspekt należy zwrócić szczególną uwagę, **gdyż oszczędność energii wymaga pewnej troski i dbałości, podczas gdy marnotrawstwo przychodzi niejako samo.**

Na nic bowiem zda się najbardziej właściwe uszczelnienie stolarki, jeśli okna będą nadal zamykane tylko na jedną klamkę, na nic zda się hermetyzacja, jeśli - wbrew zaleceniom - okno zostanie rozkręcone, a potem byle jak skręcone z powrotem, na nic wreszcie zda się cała robota, jeśli nikt nie zadba o to by rozbite szyby były wprawione na nowo, a okna otwarte do wietrzenia zamknięte po przerwie. Innymi słowami, przy obojętnym lub - co gorsza - negatywnym nastawieniu, łatwo jest wykazać, że wykonane prace nie przyniosły spodziewanego rezultatu. Dlatego, ważne jest by zostały znalezione sposoby motywowania do uzyskiwania oszczędności - dyrekcji szkół przez władze gminy, a personelu szkół przez ich dyrekcje. Szkoła musi coś mieć z oszczędności, które uzyska.

Niezmiernie ważne jest - wzorem krajów zachodnich - włączenie uczniów w proces uzyskiwania oszczędności; dla szeregu powodów takich jak:

- zwiększenie oszczędności dzięki zaangażowaniu uczniów
- wychowanie przyszłych dorosłych obywateli we właściwych nawykach
- oddziaływanie uczniów na ich rodziców.

Celują w tym zwłaszcza kraje skandynawskie, Niemcy i USA.

Warto wziąć z nich przykład !

CO I JAK MOŻNA OSIĄGNĄĆ SZYBKO I PRZY NIEWIELKICH NAKŁADACH ?

Poniżej przytoczymy listę praktycznych zaleceń i listę prostych niskonakładowych zabiegów, które - jeśli właściwie wykonane i po gospodarsku utrzymywane przez szkołę - przyniosą duże oszczędności energii lub - jeśli szkoła była nie dogrzana - poprawę komfortu.

Poniżej sugerujemy pewien algorytm postępowania, oparty na wieloletnich doświadczeniach zespołu, który realizował *Projekt*. Jest z pewnością algorytm przydatny w przypadku, gdy w gminie brak jest środków na kosztowne inwestycje termomodernizacyjne.

Kroki jakie należy podjąć, są raczej oczywiste:

- Należy skontaktować się z doświadczonym audytorem dla zidentyfikowania podstawowych źródeł strat ciepła i zasugerowania odpowiednich przedsięwzięć, z oceną ich wyników i kosztów. Należy podkreślić, że jeśli gmina nie zamierza ubiegać się o pożyczkę z funduszu termomodernizacyjnego, to nie musi to być audyt szczegółowy, jaki jest wymagany mocą Ustawy. Doświadczony audytor potrafi z dobrym (i wystarczającym w praktyce) przybliżeniem ocenić oszczędności wynikające z zabiegów niskonakładowych, bez konieczności wykonywania szczegółowych, skomplikowanych obliczeń - które wszakże są konieczne przy planowaniu przedsięwzięć wysoko-nakładowych.

- Należy skontaktować się z potencjalnymi wykonawcami, posiadającymi odpowiednie doświadczenie, zwłaszcza z takimi
- którzy, oprócz podjęcia się zadania wykonania wskazanych przez audytora prac, zgodzą się na zatrudnienie na czas robót i przeszkolenie w zakresie wykonywanych prac miejscowych techników. Jest to ważne ze względów już przedstawionych na wstępie. Niskonakładowe sposoby zapobiegania stratom ciepła to miejsca pracy.
- Należy zaplanować prace tak, by na koszty przedsięwzięcia miał wpływ efekt skali, poprzez obniżkę kosztów jednostkowych. Oznaczać to powinno przetarg na kilka obiektów jednocześnie.
- Bardzo ważne jest jasne przedstawienie dyrekcjom szkół na terenie gminy możliwości finansowych gminy, jeżeli chodzi o fundusze jakie mogą być przeznaczone na ogół szkół w gminie na cele termomodernizacji i przekonanie dyrekcji szkół, iż **za te same środki** można **solidarnie** uzyskać znaczną poprawę w wielu szkołach, zamiast tylko w jednej. Ważne jest też stworzenie mechanizmu motywującego dyrekcje do oszczędzania energii, przy czym jego elementem musi być system sprawdzania, czy dyrekcja szkoły dotrzymuje należytej dbałości o uzyskanie efektów oszczędnościowych i kontroluje pod tym względem swój personel.
- Należy kierować się **podstawową zasadą IRP** (*Integrated Resource Planning = Zintegrowane Planowanie Energetyczne*), że przed wszelkimi pracami po stronie dostawy ciepła (nowy kocioł, nowy wymiennik) należy wykonać podstawowe prace (przede wszystkim niskonakładowe) po stronie skorupy budynku. Chodzi o uniknięcie przewymiarowania źródła, które niepotrzebnie powiększa koszty, zarówno w fazie inwestycji, jak i późniejszej eksploatacji, która ma miejsce w zakresie nie optymalnych parametrów. Pozorna oszczędność na zaniechaniu prac po stronie odbioru ciepła, czyli tzw. DSM (*Demand Side Management = Zarządzanie Popytem*), szybko jest pochłaniana przez zbędny wydatek inwestycyjny i zawyżone wydatki eksploatacyjne. Odwracanie tej kolejności jest kardynalnym błędem, niestety bardzo często popełnianym w Polsce.

Dla uzupełnienia powyższych ogólnych wskazówek, pozwolimy sobie przytoczyć listę pewnych konkretnych (i istotnych) zaleceń szczegółowych, prosząc o wyrozumienie, jeśli niektóre będą zadziwiać swoją trywialnością.

1. Z reguły nie zalecamy naprawiania starych drzwi wejściowych do budynku - te lepiej od razu wymienić na nowoczesne. Jeśli na to brakuje środków, to do czasu ich uzyskania należy przynajmniej zaopatrzyć je w samozamykacze. Jednakże należy pamiętać, że w przypadku, gdy w gminie jest więcej szkół, można uzyskać istotną obniżkę ceny jednostkowej ogłaszając przetarg na wymianę drzwi wejściowych w wielu z nich, tam gdzie to jest uzasadnione. Koszty wymiany najczęściej używanych w szkole drzwi wejściowych nie są wówczas wielkie.
2. Zdecydowanie nie dotyczy to okien, których liczba mierzy się w setkach w pojedynczej szkole. Tutaj fachowa i mądrze zaplanowana naprawa jest wielokrotnie tańsza od wymiany i - jak zostało wykazane powyżej - przynosi praktycznie taki sam efekt termiczny i akustyczny, a jeśli dołączyć malowanie, także estetyczny.
3. Dla typowych okien „szwedzkich” zalecamy staranną i profesjonalnie wykonaną hermetyzację przestrzeni międzyszybowej. Oprócz pewnej poprawy współczynnika U, zapobiegnie to dalszemu niszczeniu okna przy kolejnych rozkręceniach w celu mycia, które teraz nie będzie konieczne przez szereg lat.

4. Po hermetyzacji zdarza się, że przy obniżeniu temperatury wystąpią od wewnątrz zaparowania. Praktycznie nie ma to wielkiego wpływu na straty ciepła w porównaniu z likwidacją strat przez nadmierną infiltrację, jednakże na ogół denerwuje. Zaparowanie to zjawisko normalne, gdyż w przestrzeni zostaje hermetycznie zamknięta pewna ilość pary wodnej, zależna od warunków pogodowych w czasie hermetycznego zespolenia obu ram (trudno by technicy czekali na odpowiednio suchą pogodę, gdyż niepomiarowo wydłużyłoby to prace, powodując duży wzrost kosztów). Czasem przyczyną jest niesttarne wysuszenie po umyciu szyb. Wystarczy przez zimę odnotować starannie okna, które ulegają zaparowaniu, a wiosną wezwać tę samą firmę która usunie zaparowania nie dehermetyzując okien.
5. Przy poprawnie wykonanej hermetyzacji należy zakazać sprzątającym mycia okien od wewnątrz przestrzeni międzyszybowej. Oczywiście, mycie przed hermetyzacją musi być wykonane wyjątkowo starannie.
6. W szkołach jednopiętrowych, duże skrzydła okienne w ogóle nie muszą być otwierane do mycia. Można je oczywiście umyć od wewnątrz bez otwierania, a od zewnątrz, przy pomocy prostych wysięgników, powszechnie już dostępnych w sprzedaży wraz z odpowiednim osprzętem i środkami myjącymi. Nieco trudniej jest zastosować tę metodę na wysokości drugiego piętra, choć dla wyszkolonej osoby (firmy) nie stanowi to również większego problemu. O tym dlaczego właśnie tak zalecamy myć okna, piszemy poniżej.
7. Do wietrzenia pomieszczeń należy oczywiście wykorzystywać, zaprojektowane do tego celu uchylne wywietrzniki, a w czasie przerw **jedno** z dużych okien, które w tym celu będzie specjalnie potraktowane przez techników w trakcie termorenowacji. W tym celu należy je dopasować, tak by dało się łatwo zamykać i otwierać, zaopatrzyć w odpowiednią uszczelkę, a tam gdzie potrzeba, także w odpowiedniej konstrukcji ograniczniki które, oprócz regulacji uchylu, zapobiegają spadaniu okna na parapet lub gwałtownym ruchom przy przeciągach, co często prowadzi do rozbijania szyb.
8. Należy przy tym zaznaczyć, iż przy uszczelnianiu i dopasowywaniu okien nie chodzi o osiągnięcie absolutnej szczelności - jest to wręcz nie wskazane! Chodzi o zmniejszenie **zbędnej infiltracji** powietrza.
9. Aby wywietrzniki spełniały swoją rolę, należy z parapetów usunąć powszechnie umieszczane tam kwietniki itp. Jest to też ważne z powodu opisanego poniżej.
10. Dla zmniejszenia strat ciepła należy bezwzględnie zlikwidować wszelkie sięgające do podłogi zasłony i firany, odgradzające grzejniki od wnętrza. Należy je zastąpić krótszymi, opadającymi na parapet, tak by unoszące się do góry ciepłe powietrze nie dostawało się w zamkniętą przestrzeń między zasłoną i zimną szybą. Ponadto jest to tańsze podczas zakupu jak i prania, nie mówiąc już o problemie roztoczy. Obecnie w sprzedaży dostępne są płaskie (ok. 1cm) szyny, które można zamocować od spodu do nadproża okna, co zapewnia opadanie zasłon na parapet.
11. Przed przystąpieniem do naprawy i uszczelnienia stolarki, należy wspólnie z fachowcami (najlepiej już z audytorem) ustalić zakres napraw dla poszczególnych okien. W tym celu należy określić, które okna będą używane do wietrzenia (czyli będą często otwierane), a które nie, co **w sposób zasadniczy wpływa na koszt robót**. Mianowicie okna, które nie będą używane do wietrzenia, nawet jeśli są bardzo wypaczone, mogą być doprowadzone do stanu wymaganej (nie absolutnej) szczelności, niewielkim nakładem pracy, a - co za tym idzie - i kosztów. Okna takie, po hermetyzacji, należy bardzo starannie zamknąć, **raz i „na zawsze”** (tzn. na długo, czyli do wystąpienia rzeczywistej konieczności), odpowiednio je dociskając, a następnie zdjąć klamki, tak by nie były otwierane przez

niepowołane osoby. Niektóre, bardzo wykoślawione okna lub o zamkach nie dających się naprawić, należy dokręcić do ościeżnic specjalnymi śrubami. Z reguły nie zmienia to stanu rzeczy, gdyż okna takie są zwykle i tak pozabijane gwoździami. Innymi słowami, doprowadzanie okien, których nie ma potrzeby otwierać do stanu „otwieralności” odpowiadającego nowej stolarce, nie ma sensu, gdyż znacznie prostszy zabieg daje **taki sam efekt użytkowy, termiczny, akustyczny i estetyczny**, a koszt jest znacznie mniejszy. Jedynym potencjalnym kłopotem może być szukanie zagubionej klamki, lub klucza do odkręcania śrub, przy myciu okien z zewnątrz, co i tak jest mniej kłopotliwe niż wyciąganie gwoździ. Ponadto, jak wspomniano powyżej, większość okien można też umyć z zewnątrz, nie tylko bez ich rozkręcania, ale też bez ich otwierania.

12. Jak wykazuje doświadczenie zespołu, który realizował *Projekt*, przy takim postępowaniu koszty naprawy stolarki w klasach 4 i 3 podane w Tabeli 3 odpowiadają kosztom **grupy 2 lub nawet do grupy 1!** Oznacza to, iż za te same środki, jakie pochłonęłaby wymiana stolarki w jednej szkole, można uzyskać praktycznie takie same oszczędności **w co najmniej pięciu**, a możliwe że i w ośmiu podobnych szkołach.

Tworzenie miejsc pracy

Przytoczona na wstępie tabela obrazuje jak duży jest potencjał nowych miejsc pracy w zakresie niskonakładowych metod oszczędzania energii. Liczby tam przytoczone dotyczą tylko stolarki okiennej w zasobach mieszkaniowych. Jeśliby uwzględnić dodatkowo tylko budynki szkolne i przedszkola należałoby te ostrożne oszacowania zwiększyć o około 20% - a wciąż jeszcze pozostają budynki i pomieszczenia handlowe, biurowe itp.

Dodatkowo, w zakres takich niskonakładowych prac wchodzi: izolacja stropów, likwidacja przeszkleń, instalacja ekranów zagrzejnikowych itp.

Zauważmy, że jak wykazał Projekt USAID, niskonakładowe zabiegi termorenowacyjne tworzą miejsca pracy dla ludzi nie posiadających specjalnych kwalifikacji, którzy stanowią większość bezrobotnych.

Poniższa tabela przedstawia oszacowanie potencjału miejsc pracy z uwzględnieniem wyżej wymienionych zabiegów dla miast - uczestników *Projektu*.

	Uszczelnienie stolarki	Ocieplenie stropu wentylowanego	Montaż ekranów zagrzejnikowych
Białystok	1392	19.8	9.8
Nowy Sącz	564	11.9	11.5
Trzcianka	120	2.2	0.6
Olsztynek	60	1.8	1.2
Krapkowice	180	18.6	8.4
Lubań	84	7.8	3.0

Tabela 4. Czas (w latach) potrzebny do wykonania poszczególnych zabiegów termorenowacyjnych w skali całego miasta, przeliczony na jednego pracownika (oszacowania projektu USAID)

Tabelę pozostawiamy bez komentarza - liczby mówią same za siebie