

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko – Katarzyna Gładyszewska-Fiedoruk
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej
 1. mgr inż., Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, 1988
 2. uprawnienia kierownika budowy w specjalności sieci i instalacje sanitarne NR BL 103/94, Urząd Wojewódzki w Białymstoku
 3. dr, Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, 2000, „Metoda modelowania przepływu płynu w elastycznych przewodach równomiernej wydajności”
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych Politechnika Białostocka – od 1988 roku.
4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):
 - a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

Stężenie dwutlenku węgla, jako główny parametr jakości powietrza wewnętrznego do regulacji wentylacji naturalnej i mechanicznej

- b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)
 - [1] Gładyszewska-Fiedoruk K. “Carbon dioxide concentration measurements in bedrooms of a detached house”, 2007, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 16, 131-133
 - [2] Gładyszewska-Fiedoruk „Stan powietrza w małych gabinetach lekarskich”, Instal 3/2009, 18-22
 - [3] Gładyszewska-Fiedoruk K. „Badania stężenia dwutlenku węgla w sali dydaktycznej”, COW 5/2009, 39-41
 - [4] Gładyszewska-Fiedoruk K. “Concentrations of carbon dioxide in a car”, 2011, Transportation Research Part D-Transport and Environment, Vol. 16, 166-171
 - [5] Gładyszewska-Fiedoruk K. “Concentration of Carbon Dioxide in the Cabin of a Small Passenger Car”, 2011, Transportation Research Part D-Transport and Environment, Vol. 16, 327-331
 - [6] Gładyszewska-Fiedoruk K. “Analysis of stack ventilation system effectiveness in an average kindergarten in north-eastern Poland”, 2011, Energy and Buildings, Vol. 43, 2488-2493
 - [7] Gładyszewska-Fiedoruk K. “Indoor Air Quality in the Cabin of an Airliner”, 2012, Journal of Air Transport Management, Vol. 20, 28-30
 - [8] Gładyszewska-Fiedoruk K. “Correlations of air humidity and carbon dioxide concentration in the kindergarten”, 2013, Energy and Buildings, Vol. 62, 45-50

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Celem naukowym ww. prac jest:

1. Eksperymentalne i obliczeniowe (modelowe) określenie emisji dwutlenku węgla w różnych pomieszczeniach, przy różnej ilości osób i różnej aktywności fizycznej.
2. Zmiana kwalifikacji pracy kierowcy, ponieważ prowadząc samochód człowiek wydycha tyle dwutlenku węgla, ile człowiek gimnastykujący się. Prowadzenie samochodu jest procesem bardzo złożonym. Podczas kierowania pojazdem na metabolizm człowieka wpływa dodatkowo stres i napięta uwaga, praca umysłowa,

skupienie oraz inne czynniki powodujące w efekcie zwiększenie ilości CO₂ w wydychanym powietrzu.

3. Wskazanie metod regulacji systemów wentylacji i klimatyzacji w samochodach osobowych gwarantujących bezpieczeństwo podróży.

Od 2001 roku prowadzono badania dotyczące skuteczności wentylacji mechanicznej w różnych pomieszczeniach. Wykonując pomiary inżynierskie obserwowano równocześnie jakość powietrza wewnętrznego. Próbowano określić zależność skuteczności wentylacji mechanicznej i jakości powietrza wewnętrznego. Zwrócono szczególną uwagę na stężenie dwutlenku węgla w powietrzu wewnętrznym, tym bardziej, że w naszym kraju przez długi czas nie było norm dotyczących dopuszczalnego stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi (mieszkania, budynki użyteczności publicznej). Wówczas przy ustalaniu dopuszczalnych stężeń dwutlenku węgla w pomieszczeniach tego typu wykorzystywano normy i zalecenia europejskie, USA (ASHRAE), Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), które górną poziom stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach stałego przebywania ludzi ustalają na poziomie 1000 ppm (wymóg minimum higienicznego). Obecnie Polska Norma PN-EN 13779: 2008 *Wentylacja budynków niemieszkalnych. Wymagania dotyczące właściwości instalacji wentylacji i klimatyzacji* precyzuje stężenie dwutlenku węgla w pomieszczeniach.

Dwutlenek węgla jest produktem przemiany materii ludzi i zwierząt. Jest gazem cięższym od powietrza, gromadzi się więc w dolnych częściach pomieszczeń, domów (w piwnicach), grot i jaskiń, w studzienkach kanalizacyjnych oraz w najniższej położonych częściach kopalni. Gromadzi się on również przy podłodze pomieszczeń, w których przebiegają procesy będące źródłem dwutlenku węgla (spalanie – kuchnie z przyborami gazowymi, piwnice – ewentualne nieszczelności instalacji gazowych. Jest on szczególnie niebezpieczny dla niemowląt raczkujących w kuchniach (w szczególności, gdy „pracuje” gazowy piekarnik kucharki), ponieważ może doprowadzić do niewyjaśnionych zapaść dziecka.

W powietrzu atmosferycznym dwutlenku węgla jest niewiele. Jego ilość szacuje się na 0,04% (400 ppm). Niewielkie stężenie dwutlenku węgla w powietrzu jest naturalne, lecz zbyt duże, we wdychanym przez człowieka powietrzu może mieć negatywne skutki dla zdrowia. Może to powodować uczucie duszności, niepokój, pobudzenie ośrodka oddechowego i zwiększenie częstości oddechów. W niewietrzonych sypialniach, gdzie przebywają noworodki odnotowano przypadki tzw. zespołu nagłej śmierci. Jako powód często podawane jest zbyt duże stężenie CO₂.

Wszystkie badania jakości powietrza wewnętrznego były wykonywane na wysokości głowy osób przebywających w pomieszczeniu. W sypialni na wysokości 0,5 m od podłogi – tam gdzie leży głowa śpiącej osoby. W sali dydaktycznej na wysokości 0,7 m – tam, gdzie jest głowa studenta. W samochodzie i samolocie na wysokości głowy osoby siedzącej. To odróżnia prezentowane badania od badań innych autorów, ponieważ najczęściej badania CO₂ prowadzone są w kanałach wywiewnych. Zastrzeżenia budzi fakt, że CO₂ jest gazem cięższym od powietrza. Pojawia się więc pytanie, czy w kanałach umieszczonych na wysokości około 2 m stężenie tego gazu jest takie samo jak w pomieszczeniu?

Pierwsza publikacja [1] ukazała się w 2007 roku. Opisuje ona wyniki badań dwutlenku węgla w sypialniach domu jednorodzinnego. Badaniom poddano wówczas różne sypialnie, w których spała matka z niemowlęciem (dziecko 3 miesięczne), matka z niemowlęciem i 2-2,5 letnim dzieckiem oraz ojciec z dzieckiem. Badania prowadzono od godziny 7.00 do 21.00. Pomiary wykonano w dwóch wariantach – z mikrowentylacją i bez. W pomieszczeniach, takich jak sypialnie, gdzie ludzie przebywają tylko w porze spania, gdzie drzwi są przez cały czas uchylone i dochodzi do ciągłej wymiany powietrza, wartości stężenia CO₂ podczas snu nocnego przekraczają normatywne, 1000 ppm [1]. W sypialni, w której spała matka z niemowlęciem chwilowo stężenie CO₂ przekraczało 1400 ppm przy szczelnie zamkniętych oknach. Przy dwojce dzieci z matką przy szczelnie zamkniętych oknach stężenie CO₂ w nocy przez dłuższy czas utrzymywało się na poziomie 1400 ppm, podobnie jak w sypialni ojca z dzieckiem. We wszystkich seriach pomiarowych stężenie CO₂ było niższe o 200-300 ppm gdy były rozszczelnione okna (mikrowentylacja). Pewnym półśrodkiem, aby zachować dobre

parametry powietrza w pomieszczeniach jest rozszczelnienie okien nawet na całą dobę, nawet przy mrozach do -20°C . Niemniej nic nie zastąpi okresowego intensywnego wietrzenia pokoi w budynku, w którym nie ma wentylacji mechanicznej.

Artykuł „Stan powietrza w małych gabinetach lekarskich” [2] jest już pełniejszą analizą jakości powietrza wewnętrznego. Badania stanu powietrza prowadzono w 13 pomieszczeniach znajdujących się w pięciu gabinetach lekarskich. Pomiary wykonywano latem, przed pomiarami były otwarte okna, jesienią, gdy rzadko wietrzono pomieszczenia i zimą – okna były cały czas zamknięte. Wykonano pomiary średniej prędkości powietrza na kratkach wentylacji grawitacyjnej. Minimalna krotność, którą określono w pomiarach wynosi 0,7 przy ilości powietrza wentylacyjnego $25,20\text{ m}^3/\text{h}$ w gabinecie, czyli praktycznie jest to strumień powietrza przewidziany normą na jedną osobę (Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. Dziennik Ustaw z 2006 r. Nr 180 poz. 1325 w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać pod względem fachowym i sanitarnym pomieszczenia i urządzenia zakładu opieki zdrowotnej określa, że każde pomieszczenie zakładu opieki zdrowotnej powinno być wyposażone w wentylację zgodnie z wymaganiami prawa budowlanego. Powinna ona zapewniać co najmniej 1,5 krotną wymianę powietrza na godzinę. Minimum higieniczne w pomieszczeniach gabinetów lekarskich podobnie jak w innych pomieszczeniach użyteczności publicznej określa się wg PN-83/B-03430 – $20\text{ m}^3/\text{h}$ na jedną osobę). Temperatura i wilgotność w badanych gabinetach mieściły się w granicach norm, natomiast wymiana powietrza była zbyt mała. Stężenie dwutlenku węgla w 60% pomiarów mieściło się w granicach obowiązującej normy. Najwięcej przekroczeń 1000 ppm zaobserwowano zimą i było to do przewidzenia (rzadkie wietrzenie pomieszczeń), ale i latem zanotowano przekroczenie stężenia CO_2 w pomieszczeniu, w którym była klimatyzacja. Uczucie przyjemnego chłodu powoduje, że nie odczuwamy potrzeby dostarczenia świeżego powietrza, a tym samym wzrastają zanieczyszczenia w pomieszczeniu. W przypadku przebadanych gabinetów, posiadających jedynie wentylację grawitacyjną jedynym zaleceniem w celu poprawy jakości powietrza wewnętrznego jest okresowe wietrzenie pomieszczeń, najlepiej przed rozpoczęciem pracy i po jej zakończeniu.

Badania stężenia dwutlenku węgla prowadzono również w sali dydaktycznej i na tej podstawie ukazała się publikacja [3]. Pomiary wykonano podczas zajęć dydaktycznych, przy różnej aktywności studentów. Zapelnienie sali podczas obu serii pomiarowych wynosiło 84% planowanej maksymalnej ilości studentów przewidzianych w sali. W pomieszczeniu była tylko wentylacja naturalna. Wykonano również pomiary temperatury i wilgotności. Wyniki pomiarów poszerzono o porównanie przebiegu zmian poszczególnych parametrów powietrza wewnętrznego w rozkładzie godziny lekcyjnej dla prawie identycznych parametrach zewnętrznych i wewnętrznych, przy takiej samej ilości osób w pomieszczeniu oraz przy takim samym charakterze zajęć. Wykonano pomiary stężenia dwutlenku węgla, wilgotności i temperatury w sezonie grzewczym pomiary podczas 45 min. trwania zajęć dydaktycznych – wykładów i ćwiczeń projektowych oraz 15 minut przerwy w zajęciach, podczas której wietrzono salę oraz kolejnych 45 minut zajęć.

Przy bardzo zbliżonych parametrach zewnętrznych każde wykonane pomiary różnią się nie tylko wartością poszczególnych wielkości, ale charakterem przebiegu zmian. Najbardziej jest to widoczne w przypadku wilgotności w pomieszczeniu. Stężenie dwutlenku węgla przekraczało 1000 ppm. Przekroczenia były bez względu na to, czy podczas zajęć były otwarte okna, czy nie. W sali, gdy w czasie trwania zajęć otwarte były trzy lufciki stężenie CO_2 osiągnęło maksymalną wartość 1475 ppm natomiast, gdy wszystkie okna były zamknięte wartość stężenia CO_2 wyniosła 1752 ppm. Wilgotność powietrza spadła poniżej wartości zalecanej (40 – 60%) do 32,8%. Podczas ćwiczeń sala była wietrzona przez trzy lufciki i powietrze w sali po dwóch godzinach zajęć miało następujące parametry: temperatura – 22°C , wilgotność – 53,5%, stężenie CO_2 – 1346 ppm. Na uwagę zasługuje fakt, że w czasie 15 minutowej przerwy podczas intensywnego wietrzenia poprawił się bardzo stan powietrza, a przede wszystkim bardzo spadło stężenie dwutlenku węgla z 1410 ppm do 670 ppm, poprawił się też zapach powietrza. Badania wykonywano w listopadzie można powiedzieć, że za bardzo spadła temperatura w pomieszczeniu (do $18,2^{\circ}\text{C}$). Spadek ten był chwilowy i po 10 minutach zajęć temperatura wzrosła powyżej 20°C . Z

przeprowadzonych pomiarów wynika, że przy prawie pełnym zapełnieniu sali, aby jakość powietrza była zadawalająca należy otwierać okna podczas zajęć, co jest nie zawsze możliwe w naszym klimacie, albo wyposażyć salę w wentylację mechaniczną.

Następne badania jakości powietrza wewnętrznego ze szczególnym uwzględnieniem dwutlenku węgla prowadzono w samochodach osobowych. Samochód potraktowano jak specyficzne pomieszczenie. Prowadzono badania w dużym samochodzie osobowym typu combi o kubaturze około 3,3 m³ [4] oraz małym tzw. miejskim o kubaturze 2,5 m³ [5]. Na wstępie wykonano pomiary wydajności układu wentylacyjnego przy wszystkich nastawach siły nawiewu.

Pomiary stężenia dwutlenku węgla prowadzono w dwóch wariantach. Pierwszy wariant – włączona wentylacja na lekki nadmuch (1 – na pokrętle siły nadmuchu) bez włączonego obiegu wewnętrznego. Drugi wariant – włączona wentylacja na lekki nadmuch (1) z włączonym obiegiem wewnętrznym. Po 25 minutach pomiarów przy stężeniu dwutlenku węgla wynoszącym 3018 ppm, wyłączono obieg wewnętrzny, ponieważ nasiliły się dolegliwości związane ze wzrostem stężenia dwutlenku węgla w samochodzie. Pomiary kontynuowano bez zmiany nastawienia wentylacji. Pomiary wykonywano, gdy samochodem jechała cała rodzina: dwoje dorosłych i dwoje dzieci (dwa i cztery lata) [4]; jechał kierowca z pasażerem [4], [5], jechał sam kierowca [4], [5]. Podczas wszystkich serii pomiarowych wykonano również pomiary stężenia dwutlenku węgla wpływającego do kabiny przez kratki nawiewne. Na ich podstawie wykonano bilans stężenia dwutlenku węgla w kabinie samochodu. Podczas eksperymentu mierzono również temperaturę i wilgotność powietrza w kabinie i powietrza doprowadzanego do kabiny przez kratki nawiewne. W opracowaniu skupiono się tylko na analizie stężenia CO₂, ponieważ jako jeden z parametrów powietrza wewnętrznego ma największy wpływ na bezpieczeństwo jazdy samochodem. W celu weryfikacji wyników badań eksperymentalnych wykonano model matematyczny opisujący zjawisko emisji dwutlenku węgla przez kierowcę i pasażerów. Model opisany w publikacji [4] posłużył do weryfikacji wyników pomiarów otrzymanych w eksperymentach prowadzonych w samochodach. Model ten uwzględnia ilość osób, kubaturę pomieszczenia, rodzaj wykonywanej pracy, a tym samym ilość wydychanego CO₂ do pomieszczenia oraz skład powietrza w zależności od jego temperatury i wilgotności względnej. Jest na tyle uniwersalny, że można nim określić parametry powietrza w dowolnym pomieszczeniu. Włączenie obiegu wewnętrznego prowadzi do gwałtownego wzrostu stężenia dwutlenku węgla w kabinie samochodu, a co za tym idzie do znaczącego obniżenia koncentracji i innych dolegliwości osób podróżujących samochodem. Należy pamiętać o wyłączeniu tej funkcji, gdy nie jest potrzebna. Jeżeli trzeba szybko zmniejszyć stężenie dwutlenku węgla w kabinie należy na krótką chwilę (wystarczy minuta) otworzyć okno lub drzwi. W specyficznym pomieszczeniu, jakim jest kabina samochodu, w bardzo krótkim czasie może dojść do przekroczenia stężenia dwutlenku węgla 1000 ppm. W wyniku przeprowadzonych badań eksperymentalnych i teoretycznych należy zmienić kwalifikację pracy kierowcy i przy obliczaniu ilości powietrza wentylacyjnego przyjmować dane tak, jak dla gimnastyki, a nie dla pracy lekkiej siedzącej, które są przyjmowane obecnie [4], [5].

Po serii badań jakości powietrza w samochodach złożyłam 2012 roku dwa wnioski o patent we współpracy z dr inż. Waldemarem Pacukiem z Wydziału Mechanicznego Politechniki Białostockiej z Katedry Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej:

1. System wentylacji w samochodach.
2. System klimatyzacji w samochodach.

Moim zadaniem było opracowanie koncepcyjne przedstawionych rozwiązań i akceptacja rozwiązań technicznych wykonanych przez dr. inż. Waldemara Pacuka. Oba przedstawione rozwiązania mają na celu zwiększenie bezpieczeństwa podróży samochodem i zautomatyzowanie układów wentylacyjnego i klimatyzacyjnego tak, aby po przekroczeniu stężenia CO₂ powyżej 1000 ppm następowało automatyczne doprowadzenie świeżego powietrza.

Transport lotniczy jest najszybszym i najbezpieczniejszym sposobem podróżowania. Samolotami codziennie przemieszcza się około 3 mln pasażerów. W zależności od rodzaju

samolotu transportują one od kilku do kilkuset osób. Najczęściej na pokład samolotu zabieranych jest około 150 – 200 osób. W takim samolocie wykonano badania [7].

Stężenie CO₂ przez cały czas podróży było zbyt wysokie i nie zgodne z zaleceniami norm, wahało się w zakresie 1700-2100 ppm. Człowiek oddychający powietrzem o takim stężeniu CO₂ może odczuwać zmęczenie, ból głowy, może mieć obniżoną koncentrację i mogą go dotykać inne zaburzenia zdrowia. I w tym wypadku nie zastanawiają mnie pasażerowie lecz piloci. Ich kabina jest mała, a powietrze, którym oddychają ma złą jakość, co może prowadzić do większej ilości popełnianych przez nich błędów, w szczególności podczas lądowania, gdy ich organizmy były narażone przez długi czas na działanie powietrza o złej jakości. Ciśnienie w kabinie samolotu było dużo niższe, niż to w którym przebywamy na co dzień i wynosiło minimalnie podczas lotu 776,1 hPa. Gwałtowne zmniejszanie wysokości i lądowanie jest najbardziej dotkliwym dla ludzi okresem podróży. Zmiany te odczuwane są przede wszystkim jako ból w uszach, gardle i ucisk głowy [7]. Jak zniwelować dolegliwości związane ze zmianą ciśnienia nie wiem, natomiast można by poprawić jakość powietrza w kabinie samolotów pasażerskich. Proponowałabym przede wszystkim zainstalować nawilżacze powietrza i myślę, że nie jest to problem techniczny, ponieważ nawilżacze są prostymi i niedrogimi urządzeniami. Można również obniżyć stężenie CO₂ w kabinie. Układ wentylacji samolotów z znacznej mierze opiera się na recyrkulacji powietrza, zapewne dostarczenie powietrza zewnętrznego jest trudne, ale układ należy wyposażyć w pochłaniacze CO₂. Owszem poprawa jakości powietrza w samolotach łączy się z dodatkowymi nakładami finansowymi, myślę jednak, że byłyby niewielkie.

W 2009 roku przyznano mi fundusze na realizację projektu badawczego pt.: „Analiza jakości powietrza wewnętrznego ze szczególnym uwzględnieniem stężenia dwutlenku węgla” realizowanego w przedszkolach gros publikacji dotyczyło tego właśnie zagadnienia.

Wychowaniem przedszkolnym objętych jest w Polsce ok. 36% dzieci, w tym 3-5 letnich – jest 42% w miastach, a na wsi 16% (wg danych z 2008 roku) [6]. Przeprowadzone w wielu krajach badania na temat rozwoju dzieci wykazały, że dzieci uczęszczające do przedszkoli, rozwijają się lepiej emocjonalnie, intelektualnie, społecznie i werbalnie. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy – pomieszczenia pracy i ich wyposażenie powinny zapewniać pracownikom bezpieczne i higieniczne warunki pracy. Warunki jakie powinny panować w pomieszczeniach przedszkolnych precyzuje Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej w sprawie rodzajów innych form wychowania przedszkolnego, warunków tworzenia i organizowania tych form oraz sposobu ich działania. Mówi ono, że w obiektach przeznaczonych na pobyt dzieci należy zapewnić właściwą temperaturę, wilgotność i wentylację, aby nie dopuścić do namnażania się chorobotwórczych mikroorganizmów... Należy pamiętać o częstym wietrzeniu i nie przegrzewaniu pomieszczeń – zbyt wysoka temperatura prowadzi do zmniejszenia wydolności i obniża odporność organizmów dziecięcych.

Po wstępnym przebadaniu 9 przedszkoli do dalszych pomiarów wytypowano 3 z nich. W badanych przedszkolach przeprowadzono termomodernizację w różnym stopniu. Przedszkole nr 1 nie było modernizowane. W przedszkolu nr 2 wraz z termomodernizacją zmodernizowano układ wentylacyjny. Modernizacja układu wentylacyjnego polegała na zainstalowaniu zaworów nawiewnych, którymi napływa powietrze do obiektu. W przedszkolu nr 3 przy wykonaniu termomodernizacji nie przeprowadzono modernizacji instalacji c.o. i nie zmieniono układu wentylacyjnego obiektu.

Pomiary zostały wykonane we wszystkich salach na wysokości głowy dziecka (około 1,00 – 1,10 m od powierzchni podłogi), ponieważ dziecko oddycha powietrzem na tej wysokości. Wykonano pomiary stężenia dwutlenku węgla, wilgotności, temperatury powietrza wewnętrznego oraz zewnętrznego w trzech charakterystycznych okresach roku. Badania prowadzono we wrześniu, przed rozpoczęciem sezonu grzewczego, gdy pomieszczenia nie są często wietrzone, w listopadzie i w lutym, gdy sale są rzadko wietrzone. W badanych przedszkolach rano wilgotność względna w listopadzie i lutym, była poniżej wartości zalecanych przez normy, wahała się w granicach 30,9% – 59,2%. Powietrze

było suche w przedszkolach po termomodernizacji rano i po południu. Po południu wilgotność względna wahała się w zakresie 27,1% – 80,8%.

W pierwszym sezonie po termomodernizacji może wystąpić przegrzewanie pomieszczeń. Użytkownicy potrzebują czasu na poznanie „nowego” budynku i w kolejnych latach konserwatorzy zapoznają się z pracą instalacji c.o., nauczą się ją regulować i wówczas zmieni się eksploatacja przedszkoli i będą widoczne efekty ekonomiczne.

W przebadanych przedszkolach są przekroczenia norm dotyczących stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach. Tym samym parametry powietrza wewnętrznego są niezadowolające. Przedszkolaki nie skarżą się na złą jakość powietrza, one po prostu chorują. Doprowadzenie zewnętrznego powietrza choćby poprzez infiltrację przez niewielkie szczeliny w stolarnie okiennej poprawia znacznie jakość powietrza wewnętrznego.

Termomodernizacja jest potrzebna, lecz najlepsze efekty będą wtedy, gdy zostanie przeprowadzona kompleksowo:

- izolacja ścian;
- modernizacja stolarki;
- modernizacja instalacji i urządzeń c.o.;
- modernizacja układu wentylacyjnego [6].

Chcąc zapewnić dobrą jakość powietrza w przedszkolach, należy wyposażać je w wentylację mechaniczną. Dziś uważane jest to za luksus, myślę, że za 10 lat będzie to standard.

Badając pracę wentylacji naturalnej w przedszkolach określono również jej skuteczność w różnych miesiącach pomiarowych, w zależności od stopnia czystości kanałów wentylacji grawitacyjnej oraz w zależności od wspomaganie naturalnego przepływu powietrza. Rozszczelniając lub otwierając okna doprowadzamy do pomieszczeń powietrze zewnętrzne, poprawiamy w ten sposób działanie wentylacji grawitacyjnej, a zatem poprawiamy jakość powietrza wewnętrznego. Badania prowadzono o różnych porach dnia i całodobowo. O ile temperatura regulowana jest przez zawory termostatyczne i nastawy w kotłowni, to wilgotność i stężenie CO₂ nie są regulowane. Na skutek źle działającej wentylacji, a co za tym idzie złej jakości powietrza wewnętrznego, wzrasta nadmiernie wilgotność względna powietrza w pomieszczeniu powodując różnego rodzaju dolegliwości u ludzi. Wpływ tych dolegliwości jest uzależniony od czasu przebywania w pomieszczeniu. Ponadto wilgoć powoduje niszczenie budynku, jego wyposażenie oraz przedmiotów codziennego użytku. Częstym objawem złej wentylacji (niewystarczającego strumienia powietrza) jest postanie grzyba i pleśni na elementach konstrukcyjnych lub wykończeniowych budynku. W badanych przedszkolach problem jest inny. Przedszkola po termomodernizacji mają zbyt suche powietrze. A suche powietrze powoduje wysuszenie śluzówek u dzieci i w konsekwencji prowadzi do chorób górnych dróg oddechowych. W badanych przedszkolach rano stężenie dwutlenku węgla nie przekracza dopuszczalnych norm. Po południu w dwóch badanych przedszkolach stężenia dwutlenku węgla są znacznie przekroczone – maksymalnie o 190%. W ramach realizacji projektu badawczego wykonano również badania wpływu prędkości wiatru na skuteczność wentylacji i jakość powietrza wewnętrznego. Określono wydajność wentylacji grawitacyjnej przy bezwietrznej pogodzie i przy wiatrach 1,11 m/s; 2,22 m/s i 4,44 m/s oraz przy wiejącym silnym wietrze – 10 m/s. Strumień odciąganego powietrza przez wentylację grawitacyjną przy wiejącym silnym wietrze jest do 288 % większy niż przy bezwietrznej pogodzie. Najmniejszy wzrost wydajności wentylacji zaobserwowano na górnej kondygnacji – na korytarzu - 17 %. Na korytarzach jest duże mieszanie powietrza, gdyż jest tam otwarta klatka schodowa.

Na jakość wentylacji naturalnej ma wpływ izolacyjność ścian zewnętrznych. Termomodernizacja zmniejsza infiltrację powietrza, czym zaburza wentylację naturalną obiektu. Na podstawie wyników pomiarów wykonano analizę korelacji wilgotności i stężenia CO₂. Korelacja praktycznie pełna jest w 61% wszystkich pomiarów. Może to być przyczynkiem do sterowania wentylacją naturalną. Publikacja [8] wskazuje, że w naszym klimacie nie sprawdzają się nawiewniki sterowane wilgotnością, ponieważ w sezonie grzewczym powietrze w pomieszczeniach jest suche, a co za tym idzie nawiewniki nie wpuszczają powietrza do pomieszczeń. W sezonie grzewczym niechętnie wietrzymy pomieszczenia, a nawiewniki higrosterowane dają nam złudne wrażenie, że dostarczany jest

odpowiedni strumień powietrza. Najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie nawiewników sterowanych stężeniem CO₂. Takie nawiewniki jeszcze nie są produkowane. Z obecnych na rynku proponowałabym nawiewniki ciśnieniowe. Dbają one o wyrównanie ciśnienia w pomieszczeniu i doprowadzają strumień powietrza równy w przybliżeniu strumieniowi usuwanemu przez wentylację grawitacyjną.

Tematykę związaną z jakością powietrza wewnętrznego w przedszkolach uważam za jeszcze niedokończoną i zamierzam kontynuować rozpoczęte badania.

Jakość powietrza, którym oddychamy ma duże znaczenie podobnie jak jakość wody, którą pijemy. Problem z powietrzem jest taki, że go nie widać. Nie widać również zanieczyszczeń, które się w nim znajdują i często nie zdajemy sobie sprawy ze skutków oddychania powietrzem o złej jakości. W powyższych artykułach próbowano wskazać skutki złej jakości powietrza wewnętrznego oraz metody wymiany powietrza w pomieszczeniach nie posiadających wentylacji mechanicznej.

Przebadano różne pomieszczenia, wskazano przekroczenia norm dotyczących stężenia dwutlenku węgla i wilgotności oraz wskazano metody usuwania zanieczyszczonego powietrza. Stworzono model matematyczny opisujący zjawisko emisji dwutlenku węgla przez człowieka prowadzącego samochód i podróżującego samochodem. W wyniku analiz wnioskowano o zmianę kwalifikacji pracy kierowcy, ponieważ prowadząc samochód człowiek wydycha tyle dwutlenku węgla, ile człowiek gimnastykujący się. Prowadzenie samochodu jest procesem bardzo złożonym. Podczas kierowania pojazdem na metabolizm człowieka wpływa dodatkowo stres i napięta uwaga, praca umysłowa, skupienie oraz inne czynniki powodujące w efekcie zwiększenie ilości CO₂ w wydychanym powietrzu. Pasażerowie wydychają w przybliżeniu tyle CO₂ ile człowiek podczas odpoczynku.

Wszystkie prezentowane badania mają charakter unikatowy. Badania jakości powietrza ze szczególnym uwzględnieniem dwutlenku węgla w Polsce są rozpoczynane, ponieważ dopiero norma PN-EN 15251:2008 Kryteria środowiska wewnętrznego, obejmujące warunki cieplne, jakość powietrza wewnętrznego, oświetlenie i hałas (...) precyzuje wartość stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniu. Zagadnienia związane ze stężeniem dwutlenku węgla na świecie są znane, niemniej moje badania obejmujące samochody i samolot są pierwszymi publikowanymi w tym zakresie. Stworzony i prezentowany w literaturze model jest modelem autorskim, prostym, niemniej wystarczającym do obliczeń projektowych. Na jego podstawie, dysponując danymi eksperymentalnymi, można zweryfikować rzeczywistą emisję CO₂ przy różnej aktywności człowieka. Przedszkola są niewdzięcznym obiektem badawczym, ponieważ trudno uzyskać pozwolenie na prowadzenie w nim eksperymentu. Ponadto dzieci ciekawskie z natury dotykają urządzeń i przestawiają je. W literaturze prezentowane są badania szkół.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.

Po doktoracie kontynuowano badania nad przewodami foliowymi. Efektem były kolejne publikacje dotyczące foliowych przewodów, w których podjęto próbę teoretycznego opisanie przepływów w przewodach i wpływu strumienia (co nie było w zakresie rozprawy doktorskiej). Po wielu latach badań przewodów równomiernej wydajności zdecydowałam się w 2010 roku złożyć wniosek o patent pt.: „Regulacja zasięgu i kształtu wpływu strumienia w przewodach perforowanych”.

Po obronie doktoratu w działalności naukowo-badawczej skupiono się na skuteczności wentylacji i jakości powietrza wewnętrznego. Zaczęto od najprostszej wentylacji grawitacyjnej w domach jednorodzinnych. Przez lata badano wentylację zarówno w budynkach użyteczności publicznej jak i w obiektach przemysłowych. Ciekawym badaniem było określenie skuteczności wentylacji w budynku inteligentnym. Od 2006 roku głębiej zaczęto badać jakość powietrza wewnętrznego, ponownie badania rozpoczęto od domu jednorodzinnego. Dalsze badania obejmowały jakość powietrza wewnętrznego z uwzględnieniem dwutlenku węgla w obiektach użyteczności publicznej – w gabinetach lekarskich[2], salach dydaktycznych, kinach oraz w pokojach hotelowych.

Równocześnie wykonywano ekspertyzy dotyczące skuteczności wentylacji. Badano jakość powietrza w warsztatach stolarskich, drukarniach, galwanizerniach czy lakierniach

samochodowych. Każde z badanych pomieszczeń ma inną specyfikę i inne wymagania dotyczące wentylacji. Wymagań dotyczących jakości powietrza (z wyjątkiem galwanizerni) badane pomieszczenia nie mają, ale jakość powietrza może wskazywać na niewystarczającą, choć zgodną z normatywami skuteczność wentylacji.

Od 2009 roku zaczęto analizować budynki pod względem oszczędności energii i kosztów związanych z eksploatacją. Budynki pasywne w naszym klimacie wydały się interesujące. Analizowano więc różne rodzaje ogrzewania wraz z wentylacją dla domów pasywnych i porównywano z identycznymi budynkami zbudowanymi w technologii tradycyjnej na podstawie obowiązujących obecnie wymagań dotyczących izolacyjności budynków. Porównywano również pod względem ekonomii różne rodzaje ogrzewania i wentylacji z chłodzeniem w jednym budynku. Analizowano nie tylko domy jednorodzinne, ale i większe obiekty takie jak pawilony produkcyjno-handlowe, czy biurowce.

Do moich dalszych planów badawczych należy zaliczyć trzy duże projekty:

1. Badanie odczuć i zachowania ludzi w zależności od stężenia CO₂ w pomieszczeniu (projekt realizowany z lekarzami dwóch specjalności, w ramach którego zostaną wykonane badanie krwi w zależności od stężenia CO₂ i badanie psychologiczne – wpływ CO₂ na nieświadome zachowanie ludzi).
2. Badanie jakości powietrza w pomieszczeniach, gdzie zachodzą procesy spalania – kotłownie, garaże (projekt badający główne zanieczyszczenia powietrza związkami ze spalin).
3. Badanie jakości powietrza w przechowalniach warzyw i owoców ze szczególnym uwzględnieniem stężenia CO₂ (ponieważ warzywa i owoce są przechowywane w atmosferze CO₂) i jego wpływu na skład przechowywanych warzyw i owoców (badania realizowane wspólnie z technologami żywności).

Ponadto trwają prace nad kolejnym zgłoszeniem patentowym dotyczącym sposobu montowania filtrów do wentylacji naturalnej. Filtry te moim zdaniem niezbędne są dla alergików podczas pylenia drzew i krzewów oraz zmniejszają zanieczyszczenie spalinami powietrza zewnętrznego doprowadzanego do pomieszczeń. Głównym miejscem zastosowania filtrów są przedszkola, żłobki. Ich stosowanie wydaje się konieczne podczas wiosennego pylenia i długich okresów bezdeszczowych.

